



**26-27 листопада
2025**

**Матеріали XX МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

«Молодь і технічний прогрес в АПК»



**Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна
ХАРКІВ, Україна**

Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
Факультет мехатроніки та інжинірингу

МАТЕРІАЛИ
XX МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«Молодь і технічний прогрес в АПК»

26-27 листопада 2025 року

Харків – 2025

Організаційний комітет:

Голова оргкомітету:

Михайлов Валерій Михайлович – проректор з наукової роботи ДБТУ, д.т.н., професор.

Члени міжнародного оргкомітету:

Sergiyenko Oleg – head of Applied Physics department of Engineering Institute of Baja California Autonomous University, Mexico, Ph.D., Dr.; **Viktorija Zagorska** – director of Plant Protection Institute “Agrihorts”, Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvia, Dr.sc.eng.; **Marcin Niemiec** – head of the research group at the Department of Agricultural and Environmental Chemistry, Faculty of Agriculture and Economics, University of Agriculture in Krakow, Poland, Dr. hab. Eng., professor; **Katarzyna Markowska** – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Silesian University of Technology, Poland; **Mitko Nikolov** – Prof., Doctor of Technical Sciences, Angel Kanchev University of Ruse, Bulgaria.

Члени оргкомітету:

Серік Максим Леонідович перший заступник голови оргкомітету, проректор з науково-педагогічної роботи ДБТУ, к.т.н., доцент; **Бредихін Вадим Вікторович** заступник голови оргкомітету, декан факультету мехатроніки та інжинірингу ДБТУ, д.т.н., професор; **Антощенко Роман Вікторович** заступник голови оргкомітету, голова науково-технічної ради факультету мехатроніки та інжинірингу ДБТУ, завідувач кафедри мехатроніки, безпеки життєдіяльності та управління якістю ДБТУ, д.т.н., професор; **Адамчук Валерій Васильович** директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, головний учений секретар НААН України, академік НААН України, д.т.н., професор; **Шевченко Володимир Іванович** завідувач відділу ДУ «НМЦ «Агроосвіта»; **Надикто Володимир Трохимович** професор кафедри експлуатації та технічного сервісу машин Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор; **Клиасак Геннадій Олександрович** – директор ТОВ НВЦ «Консіма», м. Дніпро; **Колеснік Олексій Петрович** – директор ТОВ «Торговий дім ВАТ «ХТЗ», м. Харків; **Зубко Владислав Миколайович** – декан інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету, д.т.н., професор; **Власовець Віталій Михайлович** – завідувач кафедри машинобудування Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, д.т.н., професор; **Калінін Євген Іванович** – завідувач кафедри тракторів і автомобілів Національного університету біоресурсів і природокористування України, д.т.н., професор; **Автухов Анатолій Кузьмич** – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБТУ, д.т.н., професор; **Артьомов Микола Прокопович** – професор кафедри агроінженерії ДБТУ, д.т.н., професор; **Богомолов Олексій Васильович** – завідувач кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв ДБТУ, д.т.н., професор; **Пак Андрій Олегович** – завідувач кафедри фізики та математики ДБТУ, д.т.н., професор; **Марченко Михайло Валентинович** – завідувач кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича ДБТУ, к.т.н., доцент; **Шевченко Ігор Олександрович** – завідувач кафедри тракторів і автомобілів ДБТУ, к.т.н., доцент; **Філімонов Юрій Леонідович** – завідувач кафедри глобальної економіки ДБТУ, к.е.н. доцент; **Кириченко Роман Васильович** – доцент кафедри агроінженерії ДБТУ, к.т.н., доцент; **Антощенко Віктор Миколайович** – доцент кафедри тракторів і автомобілів ДБТУ, к.т.н., доцент; **Никифоров Антон Олексійович** – ст. викладач кафедри мехатроніки, безпеки життєдіяльності та управління якістю, к.т.н.; **Міненко Софія Іванівна** – голова ради молодих вчених ДБТУ, доктор філософії з менеджменту, доцент; **Галич Іван Васильович** – заступник декана факультету мехатроніки та інжинірингу, завідувач кафедри агроінженерії ДБТУ, к.т.н., доцент.

Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 26-27 листопада 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. 663 с.

Матеріали тез доповідей публікуються в авторському варіанті без редагування.

© Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна

© Факультет мехатроніки та інжинірингу,
2025

ЗМІСТ

Секція 1. ТРАКТОРНА ЕНЕРГЕТИКА, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	18
Вплив технологічних операцій розточування та хонінгування на механічні властивості поверхневого шару гільз циліндрів двигунів MAN D0824/D0826	19
Діагностика елементів насосів типу НШ в гідроприводах автомобільного транспорту.....	22
Вплив автомобільного транспорту на довкілля	25
Адаптивне баластування та перерозподіл маси ХТЗ-170 для підвищення тягово-динамічних характеристик.....	29
Інтелектуалізація керування МТА для зменшення людського фактора шляхом застосування цифрового двійника	32
Моделювання та оптимізація динаміки двигуна Д-260.4 з використанням цифрового двійника системи наддуву	35
Оптимізація енергетичного балансу трактора ХТЗ-170 за рахунок синхронізації адаптивного керування трансмісією та двигуном	38
Енергооптимальне планування траєкторій машинно-тракторного агрегату з використанням ІІІ-прогнозу витрати палива та навантажень на ВВП.....	41
Підвищення ефективності колісних тракторів шляхом зниження буксування	44
Підвищення ефективності роботи транспортних засобів шляхом розробки теоретичних та практичних методів.....	46
Підвищення експлуатаційних показників тракторів за рахунок їхньої технологічної адаптації до умов експлуатації.....	48
Підвищення енергоефективності вантажного автомобіля форсажними режимами роботи моторно-трансмісійної установки	50
Сільськогосподарські відходи і політика когенерації: досвід України та Європи	52
Інноваційні технології біоконверсії органічних відходів тваринництва та птахівництва	56
Конструкції та відмінності функціонування системи охолодження автомобільних двигунів.....	60
Інтелектуальна система FMS з контролю витрати палива вантажним автомобілем.....	64

Вплив об'єктів агропромислового комплексу на результат комплексної оптимізації децентралізованих систем електропостачання, що використовують відновлювані джерела енергії	65
Аналіз застосування вітро-дизельних електростанцій для електропостачання енерговидалених поселень	68
Оптимізації складу обладнання автономних енергетичних комплексів, що використовують відновлювані джерела енергії	70
Підвищення запасу динамічної стійкості автономної енергетичної системи на базі вітроенергетичних установок	72
Сонячні концентратори	74
Вітрова енергетика як альтернативне джерело	76
Перспективи вугілля як палива у сучасних реаліях	79
Гібридні та електричні тягові приводи АТЗ.....	80
Передумови розвитку електричних приводів для автотранспортних засобів.....	83
Тенденції розвитку електромобілів	86
Застосування альтернативних палив для виконання перспективних норм токсичності.....	88
Комплектування постів інструментального контролю автомобілів європейського виробництва (лінія контролю «Euro-System»)	90
Типовий склад комплектів засобів інструментального контролю автомобілів	91
Фактори, що визначають особливості експлуатації автомобіля багатоцільового призначення.....	92
Аналіз питань підвищення прохідності автомобілів багатоцільового призначення	94
Діагностичні параметри зубчастих передач	96
Несправності коробки передач викликані режимами експлуатації.....	97
Визначення несправностей і відмов головних передач автомобілів	99
Види зношувань і поломок деталей підшипників і зубчатих передач коробки передач.....	100
Аналіз конструкції сучасного гальмівного приводу вантажних автомобілів та автобусів.....	102
Нормативні вимоги до розподілу гальмівних сил	106
Іскроутворення в міжелектродному зазорі свічки запалювання.....	108
Вібрація в двигуні внутрішнього згоряння	110
Сили збурення крутильних коливань.....	111

Використання біомаси для спалювання в теплоенергетичних установка	114
Перспективи розвитку біоенергетики в Україні	116
Вібрація колінчастого вала.....	118
Крутильні коливання колінчастого вала.....	120
Сланцевий газ як паливо: переваги, недоліки, актуальність та значення для України	123
Автомобільне зчеплення, можливі несправності.....	125
Пересувний засіб з технічного сервісу автомобілів	127
Система технічного сервісу вантажних автомобілів агропідприємства	129
Трансмсія, загальні поняття. Види трансмісій	131
Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Грищенко М.М., здобувач ВО.....	131
Безступінчаста трансмісія	132
Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Грищенко М.М., здобувач ВО.....	132
Секція 2. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ ТА ІНЖЕНЕРІЯ	
ТВАРИННИЦТВА.....	135
Дослідження механічних та фізичних властивостей насіння вівсяниці лучної та її засмічувачів.....	136
Процес розділення компонентів насіннєвої суміші цибулі з використанням вібраційної технології.....	138
Інжиніринг віброфрикційного сепаратора з багатоярусними деками	142
Аналіз моделей процесів вібросепарації насіннєвих матеріалів.....	144
Щодо впровадження удосконаленої конструкції решіт.....	147
Удосконалення конструкції решіт насіннеочисних машин.....	150
Обґрунтування удосконалення конструкції очисників решіт	152
Підвищення ефективності роботи решіт	155
Аналіз ефективності ґрунтообробних машин в умовах значної кількості незернової маси врожаю.....	157
Аналіз взаємодії зубчастого леза лапи культиватора з ґрунтом	160
Аналіз динаміки руху механізму копіювання з пасивним копіром та активним дисковим ножом	162
До визначення раціональних параметрів обчисувального барабану.....	164
Дослідження попереднього розділення насіннєвого матеріалу ріпаку за пружністю	166
Теоретичний аналіз функціонування живильника віброфрикційного сепаратора	168

Моделювання процесу попереднього розділення насіннєвого матеріалу на віброфрикційному сепараторі	170
Результати експериментальних досліджень дискового робочого органу на пружному стояку та регулятором жорсткості	174
Підвищення ефективності вирощування картоплі за рахунок мульчування в посушливих умовах.....	179
Визначення закономірності взаємодії різальної кромки леза з матеріалом у процесі різання поживних залишків.....	180
Сучасні закордонні посівні машини для ресурсозберігаючого посіву зернових культур.....	181
Агротехнічні параметри та оцінка якості процесу точного висіву дрібного насіння	183
Екологічні наслідки війни для аграрного сектору України та виклики для сучасної інженерії	184
Моделювання процесу дозування інгредієнтів комбікормів в тваринництві	186
Дослідження ефективності технологічних рішень для обробітку ґрунту в умовах складного рельєфу	188
Аналіз досліджень динаміки машин та агрегатів	191
Результати виробничих випробувань зернового сепаратора А1-БЦСМ-100 з модернізованими решетами	194
Пошкодження зерна вібровідцентровими решетами з розпушувачами шару суміші	196
Розробка нового приводу для міні-робота, що літає	198
Секція 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ	202
Процес взаємодії насіння та висівного диску у пневматичному висівному апараті.....	203
Фізико-механічні властивості просапних культур	207
Вплив умов транспортування на склад транспортних засобів при перевезення сільськогосподарських вантажів	210
Аналіз показників роботи транспортного парку.....	211
Етапи обґрунтування заходів при розробці річного плану перевезень вантажів в галузях господарства	213
Організація роботи транспорту під час масового перевезення врожаю	215
Оптимізація роботи машинно-тракторних агрегатів із застосуванням алгоритмів машинного навчання.....	216
Досвід використання технічних засобів для прямої сівби.....	218

Передумови для сівби агрегатами с дисковими сошниковими системами ..	220
Технологічна оцінка ефективності сівалок у умовах значної кількості рослинних решток після використання обчісувальних жниварок.....	222
Вплив систем обробки ґрунту для накопичення та збереження вологи.....	225
Стабілізація розвитку землеробства в Україні.....	228
Прогресивні технології вирощування сільськогосподарських культур.....	231
Overview of the most common tractors in Canadian farms	234
Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів мотоблоків для ефективного застосування.....	236
Стан та чинники формування обсягів відпрацьованих шин причіпної техніки в АПК України.....	239
Дослідження ґрунтообробного агрегату при зміні технічного стану енергетичної засоби	243
ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІЩЕННЯ.....	246
Секція 4. МЕХАТРОНІКА, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ.....	252
Визначення основних підходів для побудови моделей в системі керування технологічного процесу випарювання соку в БВУ цукрового заводу	253
Концепція побудови інтелектуальної ризик-орієнтованої системи безпечного управління сільськогосподарською технікою для зниження травмування водіїв	255
Удосконалення управління БПЛА для підвищення ефективності робіт у сільськогосподарському виробництві.....	258
Застосування сучасного мікропроцесорного обладнання у системах керування цукрових заводів України.....	261
Зелена енергетика в аграрному виробництві як фактор підвищення екологічної безпеки.....	265
Сільськогосподарське виробництво в умовах змін клімату: виклики та перспективи.....	268
Обґрунтування режимів роботи та засобів контролю технічного стану машинно-тракторного агрегату за допомогою штучного інтелекту	271
Сучасні технології на службі у сільського господарства.....	273
Обробка та оцінювання показників якості промислової продукції	277
Дослідження методів оцінки допустимих контактних напружень та межі контактної витривалості	279

Дослідження методу визначення температур робочих поверхонь гальмівного пристрою	282
Аналіз факторів впливу на стійкість та ефективність роботи спіральних свердел.....	285
Аналіз залежностей для розрахунку вихідних параметрів процесу точіння	289
Використання штучного інтелекту для забезпечення продовольчої безпеки в умовах надзвичайних ситуацій	292
Обґрунтування математичної моделі динаміки просторового руху посівного машинно-тракторного агрегату з електричним приводом рушіїв бункеру для посівного матеріалу	295
Обґрунтування методу перемикавання передач трансмісії трактора, що працює у складі машинно-тракторного агрегату в залежності від різного навантаження та швидкості.....	298
Оцінка шкідливого впливу на ґрунт коливань коліс трактора у складі сільськогосподарського агрегату.....	301
Прогнозування тягового опору плугу шляхом застосування нейронних мереж та вимірювальної системи з недостатньо точними датчиками	303
Обґрунтування методу покращення якості процесу оранки орним машинно-тракторним агрегатом	306
Підвищення ефективності експлуатації посівного агрегату оптимізацією параметрів колісних систем трактора	309
Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи контролю глибини обробітку ґрунту	312
Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи автоматичного керування висоти навіски.....	315
Підвищення ефективності експлуатації колісного трактора розробкою мехатронної системи електричного живлення.....	318
Підвищення стійкості руху колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою.....	321
Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи контролю динаміки.....	323
Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою датчика повороту рульового колеса	326
Підвищення поздовжньої стійкості колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою	329
Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи визначення буксування рушіїв трактора	331

Покращення стійкості руху колісного трактора розробкою системи блокування рушіїв	334
Покращення показників колісного трактора зниженням буксування рушіїв	337
Добровільна та обов'язкова сертифікація	340
Використання віртуальної реальності для навчання у сфері якості	342
Оцінка ефективності аеродинамічного екрана віброфрикційного сепаратора при обробці дрібних насіннєвих матеріалів	344
Доступні методи відновлення працездатності	346

Секція 5. ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ..... 349

Нелінійний регресійний аналіз міограм.....	350
Дослідження гігроскопічних властивостей сухих сніданків	353
Modelling the behavior of variable thickness shells under thermal loads	357
Modelling of inhomogeneous shell elements deformation under static and dynamic actions	359
Fundamental research of mathematical models for complex systems.....	362
Моделювання економічної ефективності біотехнологічних систем вирощування органічної сої за кліматичних ризиків	364
Дослідження відновлювальних покриттів з введенням порошків глини у наплавлення на знос	368
Моделювання процесу лиття під тиском деталі робочого органу розкидача мінеральних добрив	370
Математичне моделювання урожайності кукурудзи	373
Моделювання процесів змішування в харчових технологіях	376

Секція 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ В СЕРВІСНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ..... 379

Оптимізація фільтраційної системи блоку підготовки повітря для екструдера SJ-55-800 з метою запобігання дефектам при отриманні поліетиленової плівки.....	380
Термічна обробка інструментальних сталей для холодної обробки тиском: аналітичний огляд процесів формування структури та властивостей.....	383
Вплив холодної деформації на властивості високомарганцевих сталей для машинобудування	385
Вплив якості моторної оливи на ефективність експлуатації сільськогосподарських машин.....	387

Передумови вдосконалення конструкції ефективних знімачів.....	390
Активация процесу занурюльованого очищення деталей при митті	393
Підвищення довговічності поршнів двигунів ямз-236 при ремонті.....	395
Очищення прецизійних деталей за допомогою ультразвуку.....	398
Можливості зміни способу термічного зміцнення інструментальних сталей у печах на методи індукційної термообробки з урахуванням умов нестабільного енергопостачання та аварійних відключень електроенергії..	400
Комплексні підходи до підвищення жаростійкості заєвтектоїдних сталей для енергообладнання.....	403
Дослідження та оптимізація технології відновлення зношених ступінчастих валів коробки подач токарних верстатів газополум'яним напиленням	405
Дослідження впливу параметрів лазерної обробки на пористість плазмових покриттів	408
Технологічні особливості використання ультразвукової дробоструминної обробки робочих поверхонь первинного валу коробки перемикачів передач сучасних автотранспортних засобів	410
Експериментальні дослідження типу з'єднання елементів з різнорідних металів кузовів транспортних засобів.....	413
Поверхнєве зміцнення шийок колінчастих валів автотранспортних засобів з використанням технології гідродробоструминної обробки	416
Підвищення утомної довговічності колесних шпильок транспортних засобів	419
Застосування термопластичного деформування при відновленні циліндричних деталей сільськогосподарської техніки	420
Інтенсифіковані методи зміцнення металів: поєднання термічних процесів і пластичної деформації для підвищення надійності машин.....	421
Порівняльний аналіз графітізованих і заєвтектоїдних сталей у виробництві формуючих інструментів.....	422
Технологічні аспекти формування оптимальних електроіскрових покриттів при відновленні зношених деталей	424
Сучасні підходи до зниження дефектів поверхні при виробництві формуючих інструментів	425
Дослідження ефективності застосування пористого політетрафторетилену у фільтраційних системах очищення трансформаторних олиф.....	427
Порівняння фізико-хімічних властивостей пороутворювачів NaCl та NaHCO₃ та їх вплив на структуру пористого політетрафторетилену	430
Restoration of machine parts using high-energy density sources.....	433

Ways to strengthen and restore parts using coatings made using nanotechnology	435

Секція 7. ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Сучасні підходи до створення натуральних рослинних паст як сировини для цукрових кондитерських виробів	439
Дослідження використання бульб топінамбуру замість бульб картоплі при приготуванні страв	442
Ефективність мембранних процесів у технології очищення та концентрування плодово-ягідних соків	444
Дослідження впливу швидкості куттерування на водозв'язувальну здатість фаршу.....	447
Обладнання для забезпечення електрофізичної обробки рослинної сировини в сучасних харчових технологіях	448
До питання конфігурації робочого органу сепаратора	453
До питання транспортування штучних вантажів ковзанням.....	455
Визначення кута нахилу стрічкового елеватора для транспортування мішків з зерном або борошном	456
Визначення кута кидання зерна зернопультом на максимальну дальність ..	458
Оптимізація розташування перфораційних отворів у сітці подрібнювального пристрою	460
Інтенсифікація процесу виробництва натурального кетчупу.....	462
Вдосконалення системи обігріву та автоматизації роторного плівкового апарата для переробки плодово-ягідної сировини	464
Антикорозійні властивості екстракту шроту плодів шипшини	467
Енергоощадні технології теплової обробки харчових продуктів: аналіз та удосконалення обладнання	470
Конструкції машин для виробництва безглютенових продуктів: інженерні рішення	472
Апаратне оформлення ресурсозберігаючого способу виробництва овочевих концентратів.....	474
Порівняння ефективності методів вилучення неїстівних речовин зі шкірки банана	477
Підвищення ефективності обладнання для сушіння рослинної сировини ..	479
Проектування комплексу обладнання цеху для малих хлібопекарень.....	481
Інноваційні теплообмінники у харчовій промисловості: покращення енергоефективності	484

Модульне і гнучке обладнання для малого та середнього бізнесу в умовах розвитку АПК	487
Investigation of the qualitative performance of milk dispersion in a pulsation-type homogenizing device.....	491
Аналіз функціональних параметрів процесу та розробка вдосконаленої конструкція машини для чищення ріпчастої цибулі	494
Обґрунтування та розробка нової конструкції універсального наповнювача для плодів лінії виробництва консервованих томатів	498
Удосконалення приймального відділення та розробка раціональної конструкції бункера-накопичувача для цукрової кукурудзи	501
Секція 8. НАДІЙНІСТЬ І МІЦНІСТЬ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА БУДІВНИЦТВО В АПК	506
Удосконалення енергозберігаючих технологій в будівельній галузі	507
Інноваційні рішення у сучасній віконній галузі	509
Математичне моделювання мінімальної товщини мастильного шару в зоні зачеплення зубчастих передач	511
Втомна міцність та надійність зварних з'єднань у металоконструкціях	514
Вплив підбору жорстких упорів на надійність та міцність сталобетонних балок	516
Надійність елементів залізничної колії при динамічному навантаженні від рухомого складу	519
Надійність вузлів кіплення рейки до естакади на залізничної колії.....	521
Розкриття контакту між сталевую обоймою та бетонним ядром в брускових конструкціях	524
Проблеми водопостачання в сільській місцевості.....	528
Вплив рівня кореляції між елементами на імовірність безвідмовної роботи системи	530
Підвищення довговічності автомобільних двигунів шляхом вдосконалення методів оцінки технічного стану	531
Роль штучного інтелекту у розвитку теоретичної механіки	533
Сталобетонні балки в спорудах тваринництва.....	534
Способи підвищення точності руху сільськогосподарських знарядь та робочих органів	535
Секція 9. АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА	538
Внесок «зеленої архітектури» у ефективне енергозбереження.....	539
Кольори в архітектурі	542

Глина як будівельний матеріал. Приклад виготовлення з глини легкого саману, його використання. Переваги і недоліки	545
Інженерні, земельні та архітектурні рішення для села майбутнього.....	547
Еволюція селищ «одноповерхової Америки» на зламі 1920-х – 1930-х рр. у перспективі постконфліктної української агроурбаністики	550
Архітектурно-містобудівні особливості розміщення багатофункціональних громадських центрів у сільських поселеннях	553
Архітектурно-містобудівне формування сільських ландшафтів, як каталізатор розвитку територій	556
Модульні будинки як підхід до розвитку і забудови сучасного українського села.....	559
Природні кам'яні матеріали та мінерали	562
Бетон у сучасній архітектурі	564
Особливості мансардного даху на прикладі садиби Гордієнка в селі Кадниця	565
Концепція протилежності в архітектурі як філософія дуального балансу ...	567
Біофільний дизайн в архітектурі: офіси, коворкінги, навчальні простори ...	570
Principle of Correspondence Between Contemporary Rural Housing and Its Users	574
Principles of Designing a Modern Rural Homestead.....	575
Typical Mistakes in Educational Design of Individual Housing in Suburban and Rural Areas.....	577
Вплив світового досвіду, сучасних технологій та дизайну на український сільський будинок	579
Гармонія архітектури та природи: екологічні підходи в дизайні житла для українського села	583
Determination of the features of a rural residential building using the method of artistic modeling of social roles.	585
Визначення особливості позаміської житлової забудови з застосуванням методу художнього моделювання соціальних ролей	587
Інтеграція міського садівництва в ландшафтну архітектуру нових житлових районів	589
Factors influencing the visual image of a modern rural settlement.....	592
Фактори, що впливають на візуальний образ сучасного поселення сільського типу	594
Від школи до хату громади: просторово-функціональна модель з укриттям	596

Секція 10. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ.....	600
Стан та проблеми розвитку зерновиробництва в Україні.....	601
Технологічний розвиток аграрного сектору економіки.....	603
Ключові тренди світового agrotech-ринку.....	605
Інвестиційний потенціал галузей України в повоєнний час	607
Основні напрями диджиталізації в агропромисловому виробництві.....	610
Роль диджиталізації в підвищенні економічної ефективності агропромислового виробництва	612
Стан зовнішньоекономічної діяльності України	615
Сутність та складові державної інвестиційної політики.....	617
Трансформаційний вплив діджиталізації на агропромисловий комплекс....	620
Роль agrotech-рішень в стратегії сталого розвитку.....	623
Новий етап розвитку корпоративної соціальної відповідальності в МХП ...	625
Сутність і значення діджиталізації аграрного сектору	627
Диджиталізація та економічне зростання.....	629
Участь міжнародних організацій у забезпеченні стійкості сільського господарства та продовольчої системи у світі	632
Економічна ефективність диджиталізації агропромислового виробництва .	635
Теоретичні основи диверсифікації діяльності аграрних підприємств.....	637
Інноваційний розвиток аграрного підприємництва.....	639
Перехід сільського господарства України на засади сталого післявоєнного розвитку.....	642
Економічне обґрунтування при організації територій сільськогосподарських підприємств в Україні.....	645
Відновлювальна енергетика для сталого розвитку сільських територій	648
Аналіз беззбитковості як інструмент підвищення економічної ефективності підприємств аграрного сектору.....	651
Інтеграція екологічних та економічних підходів у стратегії сталого розвитку підприємств.....	653
Економічна ефективність «зелених» технологій в аграрному секторі: виклики та перспективи сьогодення.....	656
Ключові аспекти технологічного розвитку аграрного сектору	658
Сутність і значення диджиталізації в підвищенні ефективності аграрного сектору	660

Секція 1

**ТРАКТОРНА ЕНЕРГЕТИКА,
АВТОМОБІЛЬНИЙ
ТРАНСПОРТ,
АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА
ЕНЕРГІЇ ТА
ТЕПЛОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 621.9

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ РОЗТОЧУВАННЯ
ТА ХОНІНГУВАННЯ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ
ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ
ДВИГУНІВ MAN D0824/D0826**

Ляшенко С.В. здобувач ВО, Мигаль В.Д. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є експериментальне встановлення впливу операцій розточування та хонінгування на механічні властивості поверхневого шару спеціального легованого чавуну, з якого виготовляються гільзи циліндрів двигунів MAN серії D0824/D0826. Визначено зміни мікроструктури, твердості та залишкових напружень залежно від режимів механічної обробки. Отримані результати дозволяють оптимізувати технологію відновлення гільз для підвищення їх зносостійкості та надійності в експлуатації.

Найбільш важливими механічними властивостями поверхневих шарів матеріалів, є їх твердість і пластичність, оскільки вдале поєднання цих характеристик визначає зносостійкість [1]. Визначення пластичності металів методом заглиблення індентора і утворення пластичного відбитку у відомих способах засновано на гіпотетичній однозначній зворотній залежності між величиною твердості і пластичності. В результаті використання «Методу експериментальної оцінки пластичності поверхневих шарів деталей машин», заглиблювали стандартний наконечник з діамантовим конусом у випробовуваний зразок під дією попереднього і основного навантажень, що послідовно додавалися. Виконували вимірювання двох відносно незалежних параметрів пластичного відбитку – глибини t і діаметру по вершині напливу d , за отриманими значеннями яких робили висновок про відносне видовження при розтягуванні поверхневих шарів металів. (рис. 1, 2.).

В результаті дослідження механічних властивостей поверхневого шару спеціального легованого чавуну, відновленого за технологією розточування і хонінгування з послідуєчим гартуванням, та в результаті опрацювання експериментальних даних, були отримані наступні значення твердості і параметра пластичності (рис. 3, 4).

Результати досліджень механічних властивостей показують, що твердість поверхневого шару зразків, відновлених за технологією розточування з послідуєчим хонінгуванням, знаходиться в межах 42-50 HRC [2], що за умови дотримання ступеня подачі різцевої головки в межах 20...22% відповідає технічним умовам на виготовлення гільз циліндрів двигунів MAN серії D0824/D0826. Крім того, при приблизно однаковій твердості (одного порядку) для всіх варіантів відновлених зразків спостерігається значне підвищення (у 2,0 – 3,6 рази) параметра шорсткості в порівнянні із зразками виготовлених з промислових гільз, загартованих ТВЧ [3]. Останнє є наслідком сприятливого впливу особливостей технології відновлення на досліджуваний матеріал.



Рис. 1. Характер відбитків на зразках відновлених розточуванням з послідуємим хонінгуванням та гартуванням: ($\times 130$, в зворотному світлі)



Рис. 2. Характер відбитків зразка, зміцненого промисловим гартуванням ТВЧ ($\times 130$, в зворотному світлі)

Особливий інтерес в дослідженнях, що проводилися, представляє зміна глибини зміцненого шару зразків, за технологією розточуванням з послідуємим хонінгуванням та гартуванням. Даний показник для гільз циліндрів, що промислово виготовляються, згідно технічним умовам на виготовлення деталі регламентується в межах 1,00-1,25 мм – для гільз двигунів MAN серії D0824/D0826 (крива синього кольору на рис. 5). При такій величині зміцненого шару гільзи двигунів MAN серії D0824/D0826 ремонт передбачається згідно ТУ два рази [4].

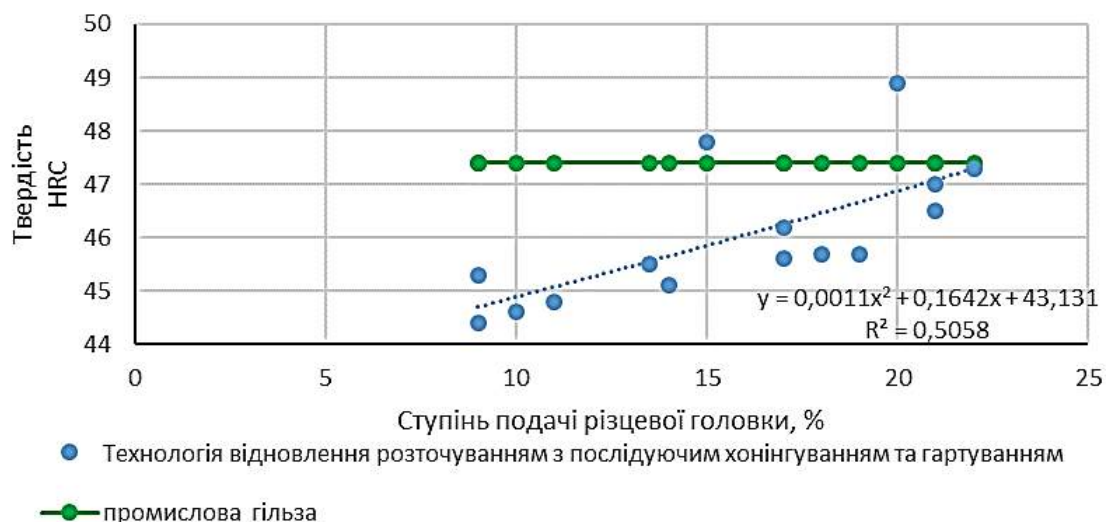


Рис. 3. Графік залежності ступеня подачі різцевої головки від твердості по HRC зразків відновлених розточуванням з послідуємим хонінгуванням та гартуванням в порівнянні з промисловою гільзою

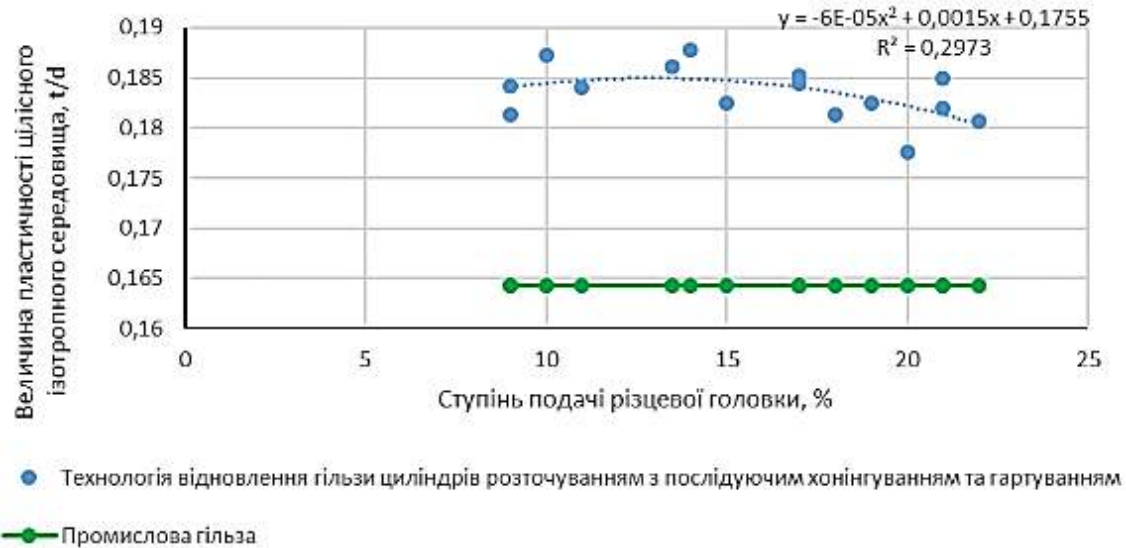


Рис. 4. Графік залежності ступеня подачі різцевої головки від величини пластичності цілісного ізотропного середовища зразків відновлених розточуванням з послідовним хонінгуванням та гартуванням в порівнянні з промисловою гільзою

Вимірювання мікротвердості в поверхневому шарі зразків, відновлених за технологією розточування з послідовним хонінгуванням показало, що її значення відповідають мікротвердості мартенситу. По всій глибині мікротвердість H_m знаходиться на достатньо високому рівні з незначним зниженням, що ілюструється кривою зеленого кольору на рис. 5, а також розмірами відбитків діамантової пірамідки на рис. 1.

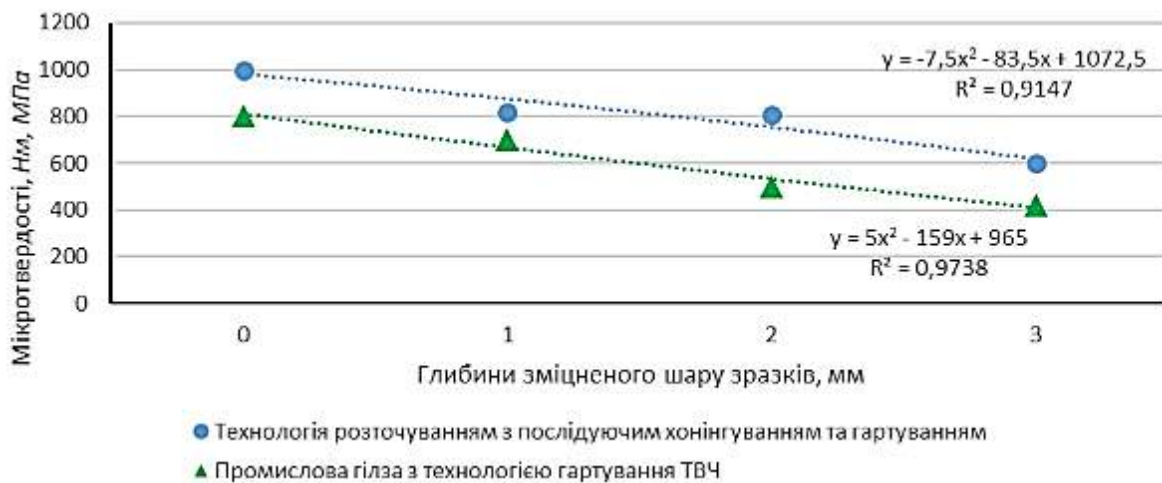


Рис. 5. Залежність мікротвердості H_m від глибини зміцненого шару після різних варіантів зміцнювальних технологій

При цьому лише на глибині більше 2,5 мм настає помітне зниження мікротвердості. Глибина (до 2,5 мм) зміцненого шару дозволяє передбачати відновлення деталі методом ремонтних розмірів.

Висновок

Встановлено закономірності впливу розточування та хонінгування на формування структури й механічних властивостей поверхневого шару спеціального легованого чавуну, з якого виготовляються гільзи циліндрів двигунів MAN серії D0824/D0826. Показано, що поєднання цих операцій забезпечує оптимальне співвідношення між твердістю (42–50 HRC) та шорсткістю поверхні, що відповідає вимогам технічних умов виготовлення. Дотримання подачі різцевої головки в межах 20–22% сприяє формуванню рівномірного зміцненого шару та стабільних мікроструктурних характеристик.

Хоча твердість відновлених зразків є співставною з промисловими гільзами, параметр шорсткості зростає у 2,0–3,6 рази, що зумовлено особливостями механічної обробки. Глибина зміцненого шару перебуває в межах 1,00–1,25 мм, що відповідає нормативним значенням і забезпечує необхідну експлуатаційну надійність.

Отримані результати підтверджують ефективність технології відновлення гільз циліндрів із поєднанням операцій розточування та хонінгування, що забезпечує підвищення зносостійкості та продовження ресурсу роботи двигунів MAN серії D0824/D0826.

Список використаних джерел

1. Ніколаєнко А. П., Шумакова Т. О. Вплив фізико-механічних характеристик матеріалу виробів машинобудування на їх зносостійкість. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2024. № 3 (283). С. 14-20.
2. ДСТУ 3869-99. Державна повірочна схема для засобів вимірювань твердості за шкалами Роквелла і супер-Роквелла. – Чин. 01.01.2000. – К.: Метрологія, 1999.- 10 с.
3. Ma S., Liu Y., Wang Z., Wang Z., Huang R., & Xu J. (2019). The effect of honing angle and roughness height on the tribological performance of CuNiCr iron liner. Metals, 9(5), 487.
4. MAN Nutzfahrzeuge AG. MAN D0836 – Workshop Manual: Technical Information for Engine Repair. – Augsburg (Bavaria, Germany): MAN Truck & Bus AG, 2007. – 312 с.

УДК 621.8

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕМЕНТІВ НАСОСІВ ТИПУ НШ В ГІДРОПРИВОДАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Бурлака О.А. здобувач ВО, Мигаль В.Д. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є експериментальне встановлення є проведення діагностики елементів шестеренних насосів типу НШ, що використовуються у гідроприводах автомобільного транспорту, для визначення причин та характеру зношування кінематичних пар ковзання, а також встановлення

впливу якості гідравлічної оливи та наявності абразивних домішок на інтенсивність зносу.

У роботі розглянуто особливості роботи шестеренних насосів типу НШ у складі гідроприводів автомобільного транспорту за умов підвищених навантажень. Зазначено, що тривала експлуатація насосів у критичних режимах тиску та температури спричиняє абразивне зношування пари ковзання «бронзова втулка – стальний вал». На основі проведених досліджень встановлено, що інтенсивність і характер зносу суттєво залежать від якості гідравлічної оливи та наявності у ній механічних домішок абразивного походження (металева стружка, пил, пісок тощо). Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення методів діагностики та підвищення надійності гідравлічних систем автомобільного транспорту.

Отже дослідження кваліфікаційної роботи виконані як пластичне вібраційне зміцнення бронзових втулок кінематичних пар ковзання шестеренних валів гідравлічних насосів НШ-32 (рис. 1) та НШ-100 (рис. 2). Матеріал втулок - бронза CuSn5Zn5Pb5 [1]. Такі насоси широко використовуються в гідроприводах автомобільного транспорту.

Використання шестеренних насосів типу НШ в складі гідравлічного приводу автомобільного транспорту, особливо під критичними граничними навантаженнями гідравлічної системи по тиску та температурі гідравлічної оливи призводить до зношування спряження кінематичної пари ковзання «бронзова втулка – стальний вал» (рис.3). На основі досліджень виявлено, що на ступінь інтенсивності та неоднорідності такого абразивного зносу безпосередньо впливають якість оливи гідроприводу та наявність домішок у такій оливі, що мають абразивне походження (металева стружка, часточки пилю, часточки піску....) [2].

Відомими способами технологій ремонту (відновлення) спряження тертя ковзання «бронзова втулка - стальний вал» у шестеренних насосах являються ремонти, виконані за допомогою технологічних операцій шліфування робочої частини поверхні валів.



Рис. 1. Досліджувані зразки бронзових

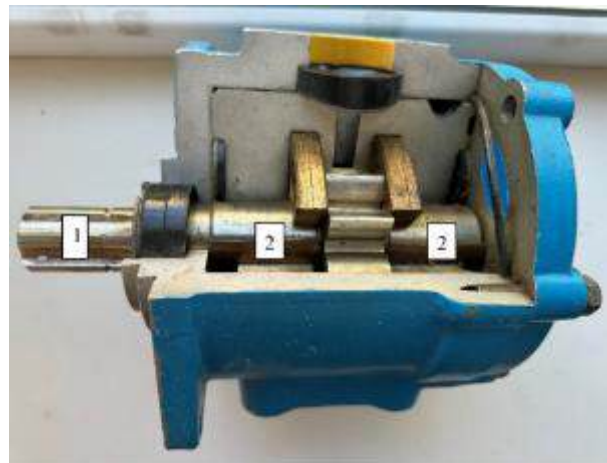


Рис. 2. Досліджувані зразки

втулок у розрізі гідравлічного шестеренного насоса типу НШ-32: 1 – привідний вал насосу НШ-32; бронзові втулки.

бронзових втулок у розрізі гідравлічного шестеренного насоса типу НШ-100: 1 – привідний вал; 2 – бронзові втулки

При цьому бронзова втулка може бути ремонтна чи нова. Нами запропоновано технологію відновлення за рахунок механічної обробки тиском, що здійснювалась з використанням вібраційних коливань, відносно робочих поверхонь тертя бронзових втулок валів шестеренних насосів, виконано з використанням спеціального робочого інструменту – сталених конусоподібних пуансонів [3].



Рис. 3. Приклади зношування робочих поверхонь тертя на валах насосів типу НШ-100 (праворуч) та НШ-32 (ліворуч): 1 – сліди зношування приводного валу НШ-100; 2 – сліди зносу веденого валу НШ-100; 3 – сліди зношування приводного валу НШ-32; 4 – сліди зношування веденого валу

В останньому випадку робочі поверхні валів шестеренних насосів спочатку треба відновити до номінального розміру, наприклад напиленням чи наплавленням та подальшим шліфуванням.

Висновок

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що елементи шестеренних насосів типу НШ, які працюють у складі гідроприводів автомобільного транспорту, зазнають інтенсивного зношування при тиску робочої рідини 10–16 МПа та температурі 70–95 °С. Основним об'єктом деградації є пара ковзання «бронзова втулка – сталений вал», для якої середня швидкість зношування становить $(1,2-1,5) \cdot 10^{-5}$ мм/год за умов тривалої експлуатації.

Встановлено, що підвищення концентрації абразивних домішок у гідравлічній оливі понад 0,05 % мас. призводить до збільшення інтенсивності зношування втулок у 2,1–2,4 рази. Основними абразивними компонентами є

частинки металевої стружки розміром 5–20 мкм та кварцовий пил 10–50 мкм, що прискорюють руйнування поверхневого шару бронзових втулок.

Показано, що використання очищеної гідравлічної оливи класу чистоти не нижче 9-го за 4. ISO 4406:2017 [4] забезпечує зниження середньої інтенсивності зносу на 35–40 %, а збільшення терміну служби насоса типу НШ-10 до 1800–2000 мотогодин (проти 1200 мотогодин при забрудненій оливі).

Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення системи фільтрації гідроприводу, зокрема шляхом впровадження двоступеневої очистки оливи (фільтр тонкої очистки 5 мкм та магнітний уловлювач частинок), що дозволяє знизити концентрацію домішок до 0,01 % мас. і збільшити ресурс роботи шестеренних насосів на 50–60 %..

Список використаних джерел

1. ДСТУ ГОСТ 613-79 Бронзи олов'янисті. Марки. – Київ: Держспоживстандарт України, 2004. – 6 с. (аналог CuSn5Zn5Pb5 – марка БрОЦС5-5-5).

2. Келемеш А. О. Розробка технології відновлення та підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарських машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. Харків, 2013. 20 с.

3. Dudnikov, A., Dudnikov, I., Dudnyk, V., Mykhailichnko, V., Burlaka, O., & Kanivets, O. (2021). Increasing the resource of agricultural machines. Technology Audit and Production Reserves, 5(1(61), 6–11 <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.242256>

4. ISO 4406:2017 Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles. Geneva: International Organization for Standardization, 2017. 10 p.

УДК 504.5

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ

Лапенко Т.Г. к.т.н., доцент

Полтавський державний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз впливу шкідливих факторів при використанні автомобільного транспорту.

Вплив автомобільного транспорту на довкілля є надзвичайно потужним, оскільки саме ця галузь споживає значну частину енергетичних ресурсів і використовує більшість світових запасів нафти. Серед усіх видів транспорту саме автомобілі забезпечують найбільший рівень загального енергоспоживання.

До екологічних наслідків використання автомобілів також належать перевантаженість транспортних мереж та нераціональне розширення міських територій, що призводить до скорочення природних ландшафтів і орних земель. Зменшення кількості шкідливих викидів автотранспорту може суттєво

покращити якість атмосферного повітря, знизити ризик утворення кислотних дощів, смогів та уповільнити процеси зміни клімату.

Вихлопні гази негативно впливають і на здоров'я людини. До їх складу входять оксиди азоту та вуглецю, органічні сполуки та інші токсичні речовини, які щодня потрапляють в повітря міських вулиць. Крім того, шкідливим чинником виступає і шум від автомобілів: він може спричиняти порушення слуху, підвищення артеріального тиску, розвиток виразкової хвороби та інших хронічних недуг.

Забруднення, що виникає внаслідок роботи автомобільного транспорту, спричиняє як короткочасні, так і тривалі негативні наслідки для довкілля. Під час роботи двигуна у повітря надходять різноманітні газоподібні та тверді частинки, які сприяють посиленню глобального потепління та утворенню кислотних опадів. Додатковим чинником негативного впливу є шумова дія моторів та потрапляння паливно-мастильних матеріалів у навколишнє середовище [1].

Основні напрямки впливу автомобільного забруднення такі:

- підвищення середньої температури кліматичної системи;
- погіршення стану атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів;
- загроза для здоров'я населення.

У процесі експлуатації автомобіля з двигуном внутрішнього згорання джерелами шкідливих домішок є: вихлопні гази, картерні пари, випаровування із системи подачі пального, а також випадкові розливи мастил і палива на поверхню землі. Відпрацьовані гази містять значну кількість свинцю та сполук важких металів, які надалі переходять у ґрунт, поверхневі та підземні води, поглинаються рослинами і через харчові продукти можуть накопичуватися в організмі людини.

Автомобільні викиди включають парникові гази, зокрема монооксид вуглецю та оксиди азоту. Вони затримують теплове випромінювання, що повертається від поверхні планети, сприяючи підвищенню температури атмосфери. Це є одним із ключових чинників формування глобального потепління. За прогнозами Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, середня температура на планеті може зрости на 1,4–5,8 °С до кінця XXI століття [3].

Наслідки глобального потепління негативно позначаються на довкіллі. Це проявляється у розширенні зон пустель, пришвидшеному таненні льодовиків та снігового покриву, підвищенні рівня Світового океану, а також у зростанні частоти та інтенсивності штормів і інших екстремальних природних процесів.

Переважаюча частина автомобілів проєктується так, щоб забезпечити максимально повне згорання пального. Проте з часом, унаслідок зношення деталей, двигун втрачає свою ефективність, що призводить до збільшення викидів токсичних компонентів. Такі речовини негативно впливають на живі організми, спричиняють хвороби органів дихання та можуть підвищувати ризик виникнення раку легень у людей. Шкідливі гази також ушкоджують рослинність, яка відіграє важливу роль у підтриманні природного балансу.

Однією з найсерйозніших екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням від автотранспорту, є негативний вплив на озоновий шар. Саме він

захищає Землю від надмірного ультрафіолетового випромінювання. Потрапляння УФ-променів у надлишку може призвести до виникнення різноманітних хвороб та спричинити зміни на генетичному рівні у живих організмів. Незважаючи на заборону хлорфторвуглеців у виробництві та експлуатації автомобільних систем, у деяких країнах із менш суворим контролем ці речовини все ще можуть застосовуватися.

Забруднювальні речовини, що утворюються внаслідок роботи автомобільного транспорту, поширюються вздовж дорожнього полотна, на узбіччях, тротуарах та проникають у дворові території, де розташовані житлові будинки та зелені насадження. У таких умовах формується складна система біокліматичних та екологічних процесів, що залежить від взаємодії транспортних потоків, дорожньої інфраструктури (світлофорів, стоянок, узбіч тощо) та особливостей забудови території [2].

Автомобільні викиди впливають і на стан водних ресурсів. Зокрема, діоксид сірки та оксиди азоту сприяють утворенню кислотних опадів, а паливо й мастила, що витікають з машин, просочуються в ґрунт поблизу трас. Тверді частинки та продукти неповного згоряння, осідаючи на поверхні, з дощовими потоками потрапляють у річки, озера та заболочені екосистеми. Олива, вимита з дорожнього покриття дощовою водою, забруднює природні водойми.

Багаторічні дослідження підтверджують, що міський стік є одним із найбільших джерел погіршення якості води. Витоки з підземних резервуарів, де зберігають пальне на автозаправках, обстріли ворожих дронів і ракет також можуть стати причиною потрапляння токсичних речовин у водоносні горизонти. Такі домішки порушують природний баланс водних екосистем: прискорюють процеси евтрофікації, спричиняють надмірне розмноження водорості та зменшення концентрації кисню. У результаті гинуть риби та інші водні організми.

Крім цього, шкідливі речовини можуть накопичуватися в харчових ланцюгах і зрештою потрапляти до організму людини.

Використання автомобільного транспорту сприяє зростанню рівня шумового впливу на довкілля, що порушує природні екосистеми. Через постійний шум багато видів тварин змінюють звичні моделі поведінки, втрачають орієнтацію та сигнальну комунікацію.

Шумове забруднення негативно позначається і на людині. Воно може спричинити підвищення артеріального тиску, емоційне виснаження, дратівливість та інші симптоми стресових реакцій. За інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), за масштабами впливу на здоров'я населення шум займає друге місце після забруднення атмосферного повітря. Тривале перебування у зоні підвищеного шуму не лише призводить до часткової або повної втрати слуху, а й збільшує ризик серцево-судинних захворювань, когнітивних порушень у дітей та проблем зі сном.

Оцінюючи сучасну ситуацію щодо світового виробництва та використання автомобілів, можна зробити такі висновки про їхній вплив на довкілля і стан здоров'я населення:

- найбільш інтенсивний рух транспорту зосереджується у містах та промислових регіонах із високою щільністю проживання людей;
- шкідливі викиди потрапляють переважно в нижні шари атмосфери, де безпосередньо відбувається життєдіяльність людини;
- вихлопні гази містять значні концентрації токсичних речовин, що є одним із основних факторів забруднення повітря [4].

Найбільший обсяг токсичних компонентів у вихлопах утворюється тоді, коли двигун працює при неправильно налаштованих системах – карбюраторі, запалюванні, форсунках, паливному насосі високого тиску, або за умови несправності елементів системи відведення відпрацьованих газів.

За несправностей у роботі систем живлення чи налаштування двигуна обсяг шкідливих речовин у вихлопних газах може зростати у декілька разів. Якщо карбюратор відрегульований правильно, концентрація оксиду вуглецю під час роботи двигуна на середніх обертах становить приблизно 0,2–0,5 %, що відповідає нормативним значенням. Проте при порушенні регулювання або несправності цього вузла кількість оксиду вуглецю може збільшуватися у 2,5–5 разів. Рівень викидів автотранспорту значною мірою визначається режимом роботи двигуна та якістю використовуваного пального.

Таким чином, повсякденна експлуатація автомобіля передбачає використання пального, мастильних матеріалів, газу та атмосферного повітря і супроводжується низкою негативних екологічних наслідків, серед яких:

- забруднення атмосфери;
- погіршення стану водних ресурсів;
- забруднення земель та ґрунтового покриття;
- шумовий, електромагнітний та вібраційний вплив;
- поява різких неприємних запахів у повітрі;
- утворення токсичних відходів;
- теплове забруднення навколишнього середовища.

Негативний вплив автотранспорту на довкілля проявляється:

- під час руху транспортних засобів;
- у процесі технічного обслуговування та ремонту;
- при функціонуванні інфраструктури, необхідної для їх експлуатації.

Висновок

Для досягнення сталого розвитку та підвищення екологічної безпеки у сфері автомобільного транспорту важливо забезпечити раціональне використання вже існуючої транспортної інфраструктури, скорочувати надмірні потреби в перевезеннях та сприяти переходу на транспортні засоби з мінімальним впливом на довкілля, застосування електроприводу, що дозволяє найбільш ефективно вирішити проблеми екологічної безпеки. Крім того, під час створення нових моделей автомобілів необхідно враховувати екологічні вимоги на всіх етапах їх життєвого циклу – від проєктування і виробництва до експлуатації та утилізації.

Список використаних джерел

1. Трофімов І.Л. Зниження шкідливого впливу моторного транспорту на стан атмосферного повітря.: Наукоємні технології. 2014, № 3. С.364-369.
2. Фоменко Г.Р. Транспорті потоки та їхній вплив на рівень забруднення міських магістралей: Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2020. С. 119-123.
3. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. URL:https://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Strategy_2030.pdf (дата звернення: 11.11.2025)
4. Семенчук Ю.А. Вплив автотранспортних підприємств на атмосферу: матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції Екологія. Людина. Суспільство. (20-21 травня м.Київ, 2021 р.). Київ, 2021. С. 239-242.

УДК 631.372:629.114

АДАПТИВНЕ БАЛАСТУВАННЯ ТА ПЕРЕРОЗПОДІЛ МАСИ ХТЗ-170 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Макаренко М. Г., доцент, Алієв Р.Е., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Подано підхід до підвищення тягово-динамічних характеристик трактора ХТЗ-170 на основі адаптивного баластування і керованого перерозподілу маси між осями з урахуванням типу знаряддя, стану ґрунту та швидкісного режиму. Використано цифровий двійник ходової частини для попередньої оптимізації конфігурацій баластування, а також польову валідацію за контрольними циклами. Показано можливість зниження пробуксовування, підвищення тягового ККД та зменшення питомих витрат пального на 3–8 % без падіння робочої швидкості.

Ефективна реалізація тяги на полі визначається здатністю колісного трактора перетворювати крутний момент на тягове зусилля з мінімальними втратами на пробуксовування і деформацію ґрунту. Конфігурація баласту впливає на нормальні реакції коліс, питоме навантаження шин і коефіцієнт зчеплення, що докладно розглянуто в класичних роботах з позадорожньої рухомості та тракторної динаміки [1–5]. Неправильне баластування призводить до перевитрат пального та підвищення ризику ущільнення ґрунту, тоді як оптимізоване забезпечує кращу тягу і стабільність курсу [7, 8].

Мета роботи – підвищити тягово-динамічні показники ХТЗ-170 за рахунок адаптивного баластування та керованого перерозподілу маси, інтегрованих із контролем тиску в шинах (CTIS).

В процесі виконання роботи створено модель шасі ХТЗ-170 зі спрощеною кінематикою трансмісії, розкладом маси по осях і шинними характеристиками. Блок взаємодії «шина–ґрунт» використовує узагальнені залежності тягової здатності, включно з емпіричними рівняннями на основі даних Бриксіуса та

подальших експериментальних узагальнень [1–7]. Параметри тиску в шинах, радіуса кочення, спарених коліс та варіантів баластування варіювали у межах, допустимих галузевими рекомендаціями ASABE [8].

Було розглянуто сценарії для навісних і причіпних агрегатів; фактори: вологість/тип ґрунту, швидкість 6–10 км/год, тиск шин 0,8–1,6 бар, маса баласту 0–1200 кг та його розміщення. Оптимізаційний критерій – мінімізація питомих витрат пального та пробуксовування із дотриманням курсової стійкості. Для різних знарядь цільову частку навантаження на передній осі приймали 35–45 %, що узгоджується з рекомендаціями щодо керованості й реалізації тяги [1–4, 6, 8].

У контрольних режимах (RTK-позиціонування, швидкість 7–8 км/год) середня розбіжність між прогнозами цифрового двійника та польовими даними становила 9–12 % за питомими витратами пального, 0,4–0,8 см за RMS-відхиленням курсу та ± 2 –3 в.п. (різниця між двома частками у процентних пунктах) за буксуванням. Такі значення відповідають відомій точності емпіричних моделей взаємодії «шина–ґрунт» у змінних умовах вологості [5, 7] і підтверджують придатність моделі для планування налаштувань до виїзду в поле.

Перехід із «транспортного» на «польовий» тиск у шинах ($\approx 1,4$ – $1,6 \rightarrow 0,8$ – $1,1$ бар) зменшував буксування на 2–4 в.п., що узгоджується з експериментальними даними щодо впливу інфляційного тиску на тягу й економічність [8]. Додавання 600–900 кг баласту з правильним розміщенням знижувало буксування ще на 1–3 в.п. та підвищувало тяговий ККД на 3–5 в.п. Сукупний ефект у середньосуглинкових умовах забезпечував скорочення питомих витрат пального на 3–8 % без погіршення темпу робіт.

Для навісних ґрунтообробних знарядь оптимально підтримувати навантаження передньої осі в межах 35–40 %, тоді як для причіпних агрегатів та робіт, чутливих до курсової стійкості, доцільно 42–45 %. Вихід за нижню межу супроводжувався «полегшенням» керованих коліс та збільшенням бічного зсуву; перевищення верхньої межі погіршувало реалізацію тяги задніми колесами. Спостереження корелюють із положеннями теорії колісних машин та тракторної динаміки [2–4, 6, 7].

Карта «тяглове зусилля – тиск – баласт» показує опуклу область кращої реалізації тяги за тисків 0,9–1,2 бар і баласту 600–900 кг у швидкісному діапазоні 6–8 км/год. При підвищенні швидкості до 9–10 км/год виграш від додаткового баласту зменшується через зростання деформаційних і аеродинамічних втрат; натомість роль оптимального тиску шин зростає. Це узгоджується з висновками щодо компромісу між опором коченню й зчепленням [8].

Для важких навісних знарядь (чизель/плуг) енергетичний ефект від адаптивного баластування був найбільшим: паливна економія 5–8 %, зниження буксування 3–6 в.п. На легших операціях (культивация/боронування) домінував вплив тиску шин, тоді як додатковий баласт давав менший приріст. За підвищеної вологості (ризик ущільнення ґрунту) доцільно зменшувати баласт і покладатися на зниження тиску в шинах – це відповідає сучасним рекомендаціям щодо мінімізації ущільнення [9].

Вимкнення системи CTIS (сталий «транспортний» тиск) залишало ~40–60 % загального виграшу від стратегії, зумовленого лише правильним перерозподілом маси. Вимкнення баласту за наявності CTIS зберігало ~50–70 % виграшу за рахунок збільшеної плями контакту. Поєднання баласту та CTIS давало найвищий і стабільний результат у різних сценаріях, що узгоджується з експериментальними роботами про вплив тиску шин і навантаження на тягу та споживання пального [8].

За зміни поля/сезону без до-налаштування моделі середня абсолютна відносна похибка (MAPE) прогнозів пального зростала до 14–16 %. Коротка локальна калібровка (1–2 години еталонних проходів) відновлювала похибку до 9–12 %. Це дозволяє використовувати цифровий двійник як щоденний інструмент попереднього налаштування із мінімальними витратами польового часу.

Точність залежить від стабільності тиску в шинах, рівномірності спарених шин та коректності вимірів витрати пального. Надмірне баластування (>1200 кг) на легких ґрунтах збільшує деформаційні втрати та ризик ущільнення; при вологості вище оптимальної рекомендовано обмежувати навантаження на вісь і працювати з нижчим тиском, уникаючи формування колії [9].

Для ХТЗ-170 доцільно мати набір змінних вантажів 600/900/1200 кг та штатну/додаткову систему CTIS. Рекомендований робочий інтервал: 0,8–1,1 бар на полі та 1,4–1,6 бар у транспорті; цільове навантаження на передню вісь – 35–45 % залежно від знаряддя. На початку зміни виконувати короткі «калібрувальні проходи» та звірятися з картами налаштувань, сформованими цифровим двійником.

Висновки

Адаптивне баластування та перерозподіл маси дозволяють підвищити тяговий ККД ХТЗ-170 на 4–7 в.п., знизити пробуксовування на 3–6 в.п. і скоротити питомі витрати пального на 3–8 % без втрати продуктивності. Поєднання з CTIS і цифровим двійником скорочує кількість польових ітерацій налаштування; рекомендовано використовувати короткі калібрувальні проходи на початку зміни.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г., Алієв Р. Е. Удосконалення ходової системи трактора ХТЗ-170 як засіб покращення його тягових характеристик. // Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПК» 26–27 листопада 2025 року. – Харків 2025.
2. Макаренко М.Г., Алієв Р.Е. Підвищення тягово-динамічних характеристик трактора ХТЗ-170 модернізацією ходової частини. // XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 3 -4.
3. Макаренко М.Г. Вплив перерозподілу нормальних навантажень від агрегатуємих на передній і задній начіпних системах с-г машин на тягові якості трактора // Вісник ХДТУСГ. 36. наук. пр., вип. 29. Харків, 2004. – С. 91-97.
4. Wong, J.Y. Theory of Ground Vehicles.–4th ed. – Hoboken: Wiley, 2008. – 560p.

5. Brixius, W. W. Traction prediction equations for bias ply tires. – ASAE Paper No. 87-1622. – St. Joseph, MI: ASAE, 1987.
6. Bekker, M. G. Introduction to Terrain-Vehicle Systems. – Ann Arbor: University of Michigan Press, 1969. – 846 p.
7. Zoz, F. M.; Grisso, R. D. Traction and Tractor Performance. – ASAE Distinguished Lecture Series № 27. – St. Joseph, MI: ASAE, 2003.
8. ASABE D497.7. Agricultural Machinery Management Data. – St. Joseph, MI: ASABE, 2011 (та чинні перевидання).
9. Keller, T.; Sandin, M.; Colombi, T.; et al. Soil compaction in modern agriculture: challenges and solutions // Soil & Tillage Research. – 2019. – Vol. 191. – P. 156–167.

УДК 631.372:629.114

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ МТА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Макаренко М.Г., доцент, Калашник Є. А., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Запропоновано підхід до зменшення впливу людського фактора на продуктивність машинно-тракторного агрегату (МТА) шляхом інтеграції цифрового двійника (Digital Twin, DT), апаратно-в-контурі (HIL) випробувань і інтелектуальних стратегій підтримки керування (автогайденс, підказки швидкості/курсу, профілі розворотів).

Людський фактор залишається основним джерелом варіативності якості виконання польових операцій (курс, перекриття/пропуски, темп), особливо за тривалих змінних навантажень та обмеженої видимості. Сучасні DT-архітектури для агросектору поєднують дані IoT-сенсорів, моделі машин/грунту й аналітику ШІ, що дозволяє прогнозувати наслідки дій по керуванню та випробовувати алгоритми поза сезоном [1-4]. Для навігаційної підсистеми критичною є точність GNSS/RTK та відтворювані метрики автогайденсу відповідно до ASABE/ISO 12188-2 [5-7]. Окремий внесок у стабільність дає HIL-верифікація виконавчих алгоритмів і ергономічний HMI, що знижує когнітивне навантаження оператора [6-8].

Мета роботи – мінімізувати вплив людського фактора та підвищити продуктивність МТА через застосування цифрового двійника, HIL-випробувань і інтелектуальних підсистем підтримки керування, порівняти «людське керування», «людина+ШІ-асистент» та «автогайденс».

Розроблено ієрархічний цифровий двійник (DT) МТА з чотирма зв'язаними підсистемами: кінематично-динамічна модель шасі та трансмісії з параметризованими втратами; енергетична модель двигуна та каналу ВВП з узагальненими паливними і моментними картами; навігаційно-сенсорний модуль (GNSS/IMU) з генератором похибок і сценаріями деградації RTK; модель

оператора/автогайденсу із затримками, гістерезисами і правилами безпеки. Компоненти інтегровані у двоступеневе середовище моделювання: SIL (software-in-the-loop) для швидкої параметричної оптимізації та HIL (hardware-in-the-loop) для перевірки виконуваних контролерів на реальному обчислювальному модулі.

Базовий динамічний рух і енергетика моделюються у середовищі безперервного часу; навігація та НМІ працюють у подієвій дискретній логіці. Для узгодження часових масштабів застосовано ко-симуляцію з фіксованим кроком інтегрування для динаміки (1–5 мс) і дискретним циклом керування (10–20 мс). Канал GNSS/IMU відтворює шумові процеси (білий/роже-вий шум, дрейф, стрибки фіксу) і втрати RTK; це дозволяє контролювати якість позиціонування в різних умовах.

Параметри опору коченню, буксування, втрат у трансмісії та ефективності приводу ВВП визначено за результатами: стендових РТО-випробувань (еталонні момент-швидкість-потужність), коротких польових «еталонних проходів» з високоточним логуванням витрати пального, обертів і швидкості. Для зниження кореляцій між параметрами застосовано послідовну ідентифікацію: спершу канал ВВП, далі трансмісійні втрати, після чого – ґрунтово-тягові коефіцієнти.

Бібліотека сценаріїв охоплює прямолінійні гони, контурні проходи, «складні межі», ділянки з неоднорідною вологістю/щільністю ґрунту, а також серії з деградованим GNSS (субдециметровий → субметровий рівень). План експериментів містить фактори: тип операції (обприскування, розкидання, культивування), робоча ширина, швидкість, якість GNSS, стан ґрунту; фракційний план дозволив збалансувати кількість прогонів і статистичну потужність.

Верифікація виконувалась порівнянням з аналітичними/еталонними режимами та тестами регресії для контролерів (SIL). Валідація – порівнянням з польовими даними: л/га, RMS-відхилення курсу, pass-to-pass, пікові навантаження ВВП, час циклу. Прийнятна похибка для оперативного планування – до 10–15 % по паливоспоживанню і до 0,5–1,0 см RMS у RTK-умовах; для РТО – відносна похибка пікових кВт до 10–12 %.

Пакетні прогін-кампанії виконувались у паралельному режимі (десятки сценаріїв/год), журнали телеметрії зберігались у форматі, що забезпечує відтворюваність (версіювання даних/моделі, контрольні контрольні суми). Це дозволило швидко будувати криві чутливості та карти виграшу для різних поєднань «ширина–швидкість–GNSS–ґрунт».

У типових RTK-умовах середня розбіжність між симуляціями та вимірними л/га склала 9–12 %, по піках навантаження ВВП – 8–11 %, по RMS курсу – 0,4–0,8 см. За деградації позиціонування до субметрового рівня похибка по курсу зростала, але паливна оцінка залишалась у межах ≤ 15 % завдяки усередненню на інтервалах проходів. Це підтверджує адекватність сполучення енергетичного та навігаційного підмодулів.

Порівняння «базового автогайденсу» з Energy-Aware показало стабільне зниження витрати палива на 6–11 % у 80+ згенерованих сценаріях. Найбільший ефект – у задачах з активним ВВП (обприскування, розкидання добрив), де

алгоритм попереджає піки моменту, утримуючи двигун у зоні нижчої питомої витрати. Для культивування вираш 5–7 % відтворювався в більшості випадків завдяки локальним офсетам курсу у «важких» ділянках.

За сценаріїв «інше поле/інший сезон» без до-навчання моделі MAPE зростав до 14–16 %; 1–2 години локального до-навчання повертали точність до базового рівня. Відтворюваність рішень забезпечили: фіксований набір сценаріїв-еталонів, регресійні тести контролера і версіонування параметрів DT.

Повна симуляційна серія (≈ 100 сценаріїв) виконувалась на протязі робочої зміни на одній робочій станції; НІЛ-регресія критичних випадків займала хвилини на сценарій. Це дозволяє використовувати DT як щоденний інструмент для попереднього налаштування перед виїздом у поле.

У режимі В RMS-похибка курсу зменшилася на 25–40 % проти режиму А, а сума перекриттів і пропусків – на 20–35 %; у режимі С ефекти наближались до еталонів, описаних у випробуваннях автогайденсу для польової техніки (Sensors/ASABE), за умови стабільного RTK-фіксу [6; 7; 9]. Це пояснюється зменшенням мікроколивань керма та покращенням геометрії траєкторії, що DT зафіксував у вигляді нижчої довжини маршруту та меншої кількості виправних проходів.

Висновки

Створено та досліджено архітектуру DT + НІЛ + інтелектуальний автогайденс/НМІ, що зменшує вплив людського фактора й підвищує відтворюваність. Отримано стабільне зниження RMS-похибки і похибки покриття без втрати темпу робіт; ефекти максимальні за RTK-точності та ергономічного НМІ. НІЛ-контур скорочує цикл налаштування й переносить налаштування між полями/сезонами; DT забезпечує безпечне «що-якщо» тестування поза сезоном. Для подальшого зниження варіативності рекомендовано інтегрувати моделі уваги оператора та онлайн-оцінювання якості позиціонування.

Список використаних джерел

1. Макаренко М.Г., Калашник Є.А. Роль інформаційних технологій у вдосконаленні функціональних можливостей блочно-модульних тракторів. // Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. С. 67 – 68.
2. Макаренко М.Г., Калашник Є.А. Дослідження впровадження інтелектуальних систем керування машинно-тракторними агрегатами з метою мінімізації впливу людського фактору. // XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 228 - 229.
3. Макаренко М. Г, Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті» 04-05. 04. 2024. - Харків : ДБТУ, 2024 С. 192.

4. Zhang, R., Zhu, H., Chang, Q., Mao, Q. A Comprehensive Review of Digital Twins Technology in Agriculture // Agriculture. – 2025. – 15(9):903. DOI: 10.3390/agriculture15090903.

5. Wang, L., et al. Digital Twins in Agriculture: A Review of Recent Progress // Electronics. – 2024. – 13(11):2209. DOI: 10.3390/electronics13112209.

6. Raikwar, S., et al. Hardware-in-the-Loop test automation of embedded systems for agricultural tractors // Measurement. – 2019. – 133:271–284.

7. Zhang, S., et al. Hardware-in-the-loop simulation for drive-wheel slip control of agricultural vehicles // Open Access Library Journal. – 2025. (HILS підхід).

8. Caffaro, F., et al. A method to evaluate the perceived ease of use of human-machine interfaces of agricultural tractors // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2017. – 15(3):e0207.

УДК 621.43.05:681.5

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ДИНАМІКИ ДВИГУНА Д-260.4 З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА СИСТЕМИ НАДДУВУ

Макаренко М.Г., доцент, Лобинський Д. Р., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Представлено результати дослідження динамічних характеристик дизельного двигуна Д-260.4 при впровадженні інтелектуальної системи регульованого наддуву. Запропоновано цифровий двійник системи наддуву, який дозволяє оптимізувати тиск повітря, витрату палива та температурні режими, забезпечуючи підвищення ефективності двигуна на 6–8 % порівняно зі стандартною системою.

Двигун Д-260.4, що встановлюється на тракторах ХТЗ-170 та МТЗ-1523, належить до найпоширеніших дизелів у класі 150-170 к.с. Незважаючи на високий рівень надійності, його система турбонаддуву не забезпечує належної стабільності тиску при швидких змінах навантаження. Сучасні вимоги до паливної економічності та екологічності зумовлюють необхідність інтелектуалізації систем керування, зокрема шляхом використання цифрових двійників і адаптивних регуляторів [1 - 4].

Двигун Д-260.4 виробництва ВАТ «ММЗ» має шість циліндрів, робочий об'єм 7,12 л, номінальну потужність 114 кВт при 2100 об/хв і турбокомпресор ТКР-7С-6 з інтеркулером. Математична модель системи наддуву створена у середовищі MATLAB/Simulink R2023b та включала компресорну характеристику, теплову модель інтеркулера, паливну підсистему і динаміку турбіни з інерційністю ротора 0,0018 кг·м². Процес регулювання тиску наддуву описувався рівнянням балансу маси повітря у впускному колекторі: $dp/dt = (R \cdot T/V)(G_{вх} - G_{вих})$. Керування тиском здійснювалося комбінованим PID+fuzzy-регулятором із адаптацією параметрів за допомогою генетичних алгоритмів [3 - 6].

Дослідження проводилися при фіксованому тиску наддуву 0,16–0,18 МПа, після чого впроваджено інтелектуальну систему регулювання з діапазоном 0,14–0,21 МПа. Для кожного режиму (1200–1800 об/хв, 0,4–0,9 Мтах) фіксували крутний момент, витрату палива, тиск наддуву, температуру повітря після інтеркулера та температуру відпрацьованих газів. Порівняння результатів моделювання й натурних даних за результатами польових даних дало розбіжність не більше 5 %.

Отримані результати свідчать про суттєве покращення динамічних і паливно-енергетичних характеристик двигуна Д-260.4 після впровадження системи регульованого наддуву. Час реакції двигуна на зміну навантаження зменшився з 1,25 с до 0,42 с, динамічна похибка тиску — з $\pm 9\%$ до $\pm 2,8\%$. Питома витрата палива при 1500 об/хв знизилася з 235 г/(кВт·год) до 217 г/(кВт·год), що відповідає економії 7,6 % пального. Температура відпрацьованих газів зменшилася на 40 °С, повітря після інтеркулера — на 18 °С, коефіцієнт наповнення зріс з 0,85 до 0,91. Використання fuzzy-PID-регулятора забезпечило стійкість системи при змінних навантаженнях $\pm 30\%$ без перерегулювання тиску (рис. 1, 2).

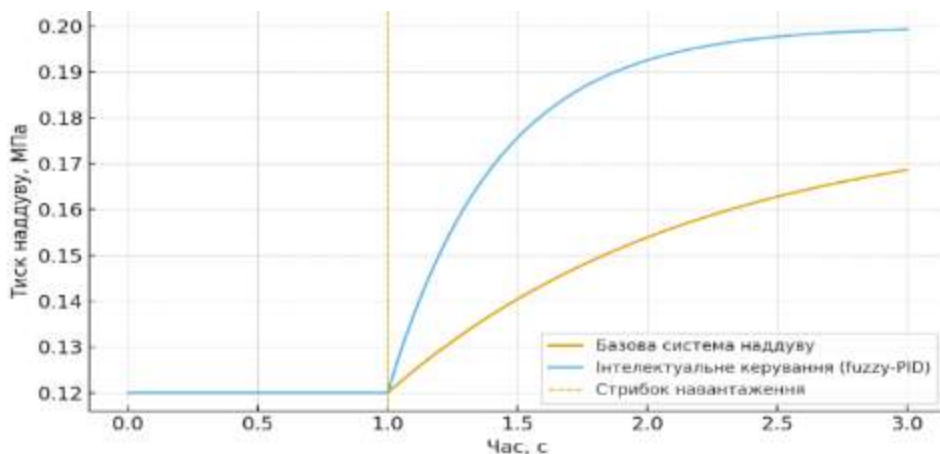


Рис. 1. Перехідна реакція тиску наддуву двигуна Д-260.4 на зміну навантаження

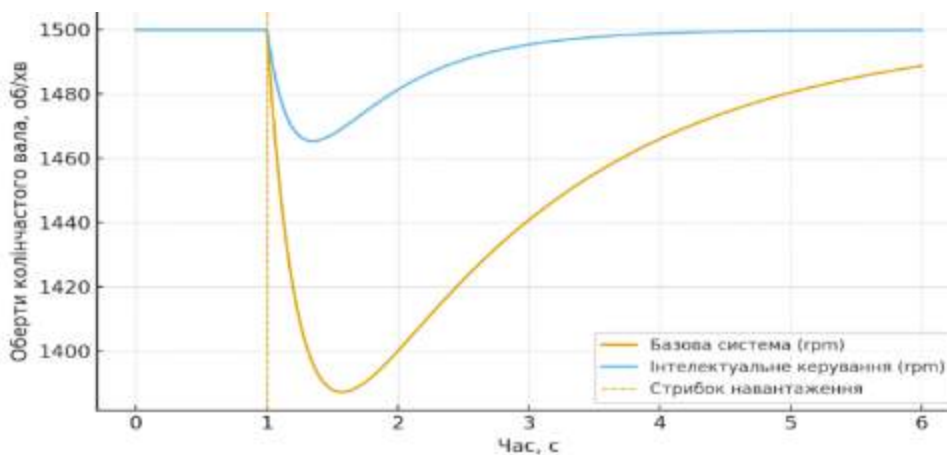


Рис. 2. Перехідна реакція $n(t)$ двигуна Д-260.4 на зміну навантаження

Підвищення ефективного ККД з 0,36 до 0,38 узгоджується з результатами інших авторів [7 - 10] і підтверджує можливість застосування цифрового двійника для калібрування параметрів турбіни у віртуальному середовищі. Відхилення між результатами симуляцій і натурних вимірювань не перевищило 4 % за потужністю та 3 % за тиском наддуву, що засвідчує високу достовірність моделі. Інтелектуальна система наддуву забезпечила зниження витрат палива на 6–8 % та збільшення ресурсу турбіни на 12–15 % завдяки зменшенню теплового навантаження.

Висновки

Розроблено цифровий двійник системи наддуву дизельного двигуна Д-260.4, що дозволяє проводити оптимізацію параметрів без натурних випробувань. Встановлено, що fuzzy-PID-регулятор стабілізує тиск наддуву з похибкою не більше $\pm 3\%$ при зміні навантаження $\pm 30\%$. 3. Впровадження інтелектуальної системи забезпечує економію пального 6–8 % і зниження температури відпрацьованих газів на 40°C . Отримані результати підтверджують ефективність цифрового двійника як інструменту оптимізації динаміки дизельних двигунів.

Список використаних джерел

1. Макаренко М.Г., Лобинський Д.Р. Оптимізація динамічних характеристик двигуна трактора ХТЗ-170 шляхом впровадження інтелектуальної системи регульованого наддуву. // XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 235 – 236.
2. Макаренко М. Г., Шевченко І. О, Кривоніс С. В. Оптимізація систем керування двигунами вантажних автомобілів // Збірник тез та доповідей міжнародної конференції «Енергетичні установки та альтернативні джерела енергії». 11–12 березня 2024 року, ХНАДУ, – Харків, 2024. –С. 271 – 274.
3. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті», 04-05.04.2024. Харків: ДБТУ, 2024. С. 192.
4. Макаренко М. Г., Калашник Є. А. Роль інформаційних технологій у вдосконаленні функціональних можливостей блочно-модульних тракторів. // Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 року. Харків: ДБТУ, 2024. С. 67–68.
5. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Підвищення експлуатаційних показників вантажного автомобіля вдосконаленням системи наддуву двигуна ММЗ Д-260.4. // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції навчально-наукового інституту механотроніки і систем менеджменту 16-17 травня 2019 року. - Харків : ДБТУ, 2019 С. 57.
6. Zhang R., Zhu H., Chang Q., Mao Q. A Comprehensive Review of Digital Twins Technology in Agriculture. Agriculture. 2025;15(9):903. DOI:10.3390/agriculture15090903.

7. Escribà-Gelonch M., et al. Digital Twins in Agriculture: Orchestration and Applications. 2024. DOI:10.1021/acs.jafc.4c01934.
8. Schlosser J.F. Agricultural tractor engines from the perspective of advanced electronics and AI. Revista de Ciências Agrárias. 2020.
9. Ketata A., Driss Z. Comparative analysis of emission characteristics and performance between naturally aspirated and turbocharged engines operating on waste oil biodiesel-diesel blends. Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture. 2025.
10. Turbocharged tractor engines – Revista Cultivar. 2021.

УДК 621.43.05:629.114

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ТРАКТОРА ХТЗ-170 ЗА РАХУНОК СИНХРОНІЗАЦІЇ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ ТА ДВИГУНОМ

Макаренко М. Г., доцент, Гармаш Д. О., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто підвищення енергетичної ефективності трактора ХТЗ-170 шляхом створення системи синхронізованого адаптивного керування трансмісією та дизельним двигуном. Запропоновано інтегровану структуру, яка реалізує оптимальний розподіл потужності залежно від тягового навантаження та умов руху.

Енергетичний баланс трактора визначається узгодженістю режимів двигуна й трансмісії. У більшості тракторів ХТЗ-170 механічна коробка передач з ручним перемиканням не враховує змін навантаження й призводить до перевитрати палива в реальних польових умовах. Сучасні електронні системи керування (ECU і TCU) дають змогу реалізувати узгоджене керування обома агрегатами, формуючи систему ETMS – Engine-Transmission Management System [1 - 5, 7].

Метою дослідження є підвищення паливної економичності та тягової стабільності трактора ХТЗ-170 шляхом впровадження адаптивного керування трансмісією з урахуванням режимів двигуна [5; 6]. Це досягається оптимізацією енергетичних показників трактора ХТЗ-170 завдяки синхронізації керування трансмісією та двигуном у складі ETMS. Було поставлене завдання: проаналізувати взаємодію Д-260.4 і коробки передач у тягових і транспортних режимах; розробити адаптивні правила вибору передачі з орієнтацією на мінімум питомої витрати палива; створити й валідувати цифровий двійник ETMS у MATLAB/Simulink; підтвердити ефекти в полігонних випробуваннях.

Об'єктом є енергетична система ХТЗ-170 (двигун Д-260.4 із трансмісією). Предмет – синхронізоване адаптивне керування ECU та TCU, спрямоване на зменшення питомої витрати палива за збереження продуктивності й стійкості перехідних процесів. Дослідження виконано шляхом побудови та валідації цифрового двійника силового агрегату й трансмісії для перевірки точності

моделі та кількісної оцінки ефектів адаптивної стратегії. Архітектурні рішення цифрових двійників і протоколи валідації узгоджені з сучасними рекомендаціями щодо застосування Digital Twin в агротехніці [5; 6].

У MATLAB/Simulink створено модульну модель із трьома підсистемами: двигун Д-260.4 з паливною картою у координатах «оберти – момент – питома витрата»; трансмісія з урахуванням втрат на тертя і в гідروпідтискних муфтах; навантажувальний модуль для імітації польових операцій (оранка, культивация) та транспортного режиму з урахуванням опору руху і ковзання. Опис динаміки двигуна та перехідних процесів узгоджено з науковими висновками щодо електронного керування тракторними ДВЗ і впливу наддуву на енергетику перехідних режимів [7; 9].

Синхронізацію ECU↔TCU реалізовано через CAN-шину з періодом обміну 10–20 мс. Логіка керування передбачає двоконтурний вплив: трансмісійний блок виконує адаптивний вибір передавального числа з урахуванням прогнозу навантаження і паливної карти; блок двигуна підтримує цільові оберти та момент. Для вибору передачі застосовано нечітку логіку з правилами «якщо-то», які враховують швидкість, зміни тягового опору, відхилення обертів і запас моменту. Підходи до адаптивної оптимізації узгоджено з практиками енергоефективного керування силовими агрегатами мобільної техніки [8].

Критеріями ефективності на етапі імітаційної оптимізації визначено мінімізацію питомої витрати палива та втрат у трансмісії за обмежень на частоту перемикачів, допустимі оберти двигуна та температурні показники. Додатковими критеріями були стабільність обертів у перехідних режимах і плавність перемикачів. Для зменшення трендових похибок сценарії «базова стратегія → адаптивна» та «адаптивна → базова» чергувалися.

Порівняння моделі й експерименту здійснювалося за єдиними метриками: витрата палива, оберти в перехідних процесах, тривалість і частота перемикачів, температурні показники; допустима середня відносна похибка між моделлю та натурними даними – не більше 5 % [5–7; 9].

Розбіжності щодо середньої витрати палива, ефективної потужності на виході й стабільності обертів у перехідних режимах залишилися в межах, прийнятних для інженерного етапу проектування, що підтверджує адекватність цифрового двійника, підхід до створення якого описано в відомих роботах [1–3; 5]. Адаптивна стратегія забезпечила стале зниження питомої витрати палива порівняно з базовою картою перемикачів оператора, особливо за варіативного тягового опору; перевага пояснюється утриманням двигуна поблизу ділянки мінімальної питомої витрати палива та уникненням нераціональних зон роботи трансмісії [5; 6; 8].

Зафіксовано скорочення тривалості перемикачів і зменшення провалу обертів у перехідних процесах завдяки попередньому вирівнюванню моментів і координації дій ECU та TCU; стабільність обертів після перемикачів покращилася до рівня, що не впливає на якість технологічної операції.

Зменшення кількості перемикачів і раціональніший їх розподіл у часі призвели до скорочення енергетичних втрат у трансмісії та позитивних ресурсних наслідків для фрикційних пар. У перехідних режимах відмічено зниження пікових температур відпрацьованих газів і стабілізацію температури після інтеркулера, що відповідає очікуваним закономірностям впливу керованого наддуву та енергобалансу двигуна [9].

Система продемонструвала низьку чутливість до шумів вимірювань і варіацій тягового опору завдяки гістерезису та «мертвим зонам»; на тривалих підйомах завчасний вибір нижчої передачі підвищує тягову стабільність. Підхід масштабований до рівня Smart-Farm для флот-оптимізації на основі телеметричних даних.

Висновки

Розроблено і верифіковано цифровий двійник ETMS для трактора ХТЗ-170, який синхронізує адаптивне керування трансмісією та двигуном. Спостерігається стала економія пального та покращення плавності перемикачів без втрати продуктивності, з узгодженням моделювання та експерименту в межах прийнятних розбіжностей. Підхід сумісний із телеметричними системами Smart-Farm і може бути масштабований до рівня флот-оптимізації.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г. Перспективи тракторобудування // Агробізнес сьогодні. - 2014. - № 9. - С. 54-56.
2. Макаренко М. Г., Гармаш Д. О. Оптимізація енергетичних показників трактора ХТЗ-170 шляхом впровадження адаптивного керування трансмісією. // XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті». Збірка матеріалів форуму. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 226-224.
3. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті», 04-05.04.2024. Харків: ДБТУ, 2024. С. 192.
4. Макаренко М. Г., Шевченко І. О. Роль штучного інтелекту та машинного навчання у підвищенні точності та надійності автомобільних систем. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». – Київ: НУБіП України, 2024. С. 93-96.
5. Zhang R., Zhu H., Chang Q., Mao Q. A Comprehensive Review of Digital Twins Technology in Agriculture // Agriculture. – 2025. – Vol. 15, No. 9. – P. 903. DOI: 10.3390/agriculture15090903.
6. Escribà-Gelonch M., et al. Digital Twins in Agriculture: Orchestration and Applications // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2024. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c01934.
7. Schlosser J. F. Agricultural tractor engines from the perspective of advanced electronics and AI // Revista de Ciências Agrárias. – 2020.

8. Ketata A., Driss Z. Comparative analysis of emission characteristics and performance between NA and turbocharged engines on biodiesel–diesel blends // Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture. – 2025.

9. Silveira de Farias M., Schlosser J. F., Tellechea A., Barbieri J. P. Turbocharged Tractor Engines // Revista Cultivar Máquina. – 2021. – No. 175.

10. Макаренко М. Г., Калашник Є. А. Роль інформаційних технологій у вдосконаленні функціональних можливостей блочно-модульних тракторів // Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 21–22.05.2024. – Харків: ДБТУ, 2024. – С. 67–68.

УДК 631.372:629.114

ЕНЕРГООПТИМАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІІІ-ПРОГНОЗУ ВИТРАТИ ПАЛИВА ТА НАВАНТАЖЕНЬ НА ВВП

Макаренко М. Г., доцент, Щербінський І. О., аспірант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Подано підхід до енергооптимального планування траєкторій машинно-тракторного агрегату (МТА) для паралельного водіння з урахуванням онлайн-прогнозу витрати палива та навантажень на вал відбору потужності (ВВП). Запропоновано енергокритеріальне планування траєкторій і корекцію курсу, яка мінімізує перекриття і пропуски та утримує двигун у ділянці нижчої питомої витрати пального при допустимих навантаженнях на ВВП.

Сучасні системи паралельного водіння скорочують перекриття та підвищують якість виконання операцій завдяки GNSS-навігації, зокрема з RTK-корекціями до сантиметрової точності. Водночас траєкторія руху МТА часто планується за геометричними критеріями і не враховує енергетичну складову: локальні зміни питомої витрати палива, буксування, а також для активних знарядь – навантаження на ВВП [1; 5]. У цій роботі поєднано цифровий двійник МТА, ІІІ-прогноз паливоспоживання і РТО-навантажень та енергокритеріальне покриттєве планування маршруту, інтегроване з автогайденсом [1–5; 7].

Мета роботи – зменшити питомі енерговитрати МТА під час паралельного водіння шляхом енергооптимального планування і корекції траєкторій на основі онлайн-прогнозів витрати палива і навантажень на ВВП. Було поставлене завдання: створити цифровий двійник МТА; навчити та валідовати ML-моделі прогнозу витрати палива і РТО-навантажень; розробити енергокритеріальний алгоритм планування траєкторій із мінімізацією перекриттів і енерговтрат.

Цифровий двійник включає дизель/трансмісію з узагальненими картами паливоспоживання і параметризованими втратами у приводі [4; 5], канал ВВП з підключенням активних знарядь та їх характеристиками моменту/частоти [5], модуль ґрунтової взаємодії та буксування, а також блок GNSS/IMU з моделлю похибок і втрат RTK-фіксу [6]. Записуються: GNSS-координати, курс, швидкість,

подача пального, оберти двигуна, крутний момент/потужність ВВП, тиск і витрата робочої рідини активних механізмів, робоча ширина та стан секцій знаряддя. Для еталонування паливоспоживання застосовано РТО-дінамометричні тести й калібрування за відповідними звітами і моделями [4–6].

Порівняння симуляцій цифрового двійника із польовими вимірами продемонструвало добру конвергенцію за ключовими метриками: середня витрата палива, питомі енерговитрати на гектар, відхилення курсу (RMS), частота та тривалість розворотів, а також пікові навантаження на ВВП. Середні розбіжності в оцінці л/га між моделлю та експериментом перебували в межах, прийнятних для інженерного етапу (порядку 8–12 %), що узгоджується з рівнем точності узагальнених моделей паливоспоживання та РТО-випробувань у літературі [2–4]. Для показників покриття (перекриття/пропуски) відмінності були ще нижчими завдяки прямій геопросторовій валідації GNSS-треків [3; 8].

У режимі Energy-Aware Autosteering середня витрата палива зменшилась на 6–11 % відносно базового автогайденсу (геометричні критерії без енергетичних поправок). Найбільший ефект спостерігався для операцій з активним приводом (обприскування, розкидання), де відбувається координація швидкості та навантаження на ВВП, що запобігає виходу двигуна із зони нижчого умовного BSFC, описаного в літературі [4 – 6]. Для пасивних знарядь (легка культивация) виграш стабільний, але нижчий (типово 5–7 %), що зумовлено більшою питомою часткою тягових втрат і меншою варіативністю навантаження ВВП. Показник похибки покриття зменшено на 24–38 % (сума перекриттів і пропусків), що узгоджується з впливом високоточної навігації та оптимізованих шаблонів покриття [3; 8].

Алгоритм локальної корекції курсу/швидкості разом із ML-прогнозом навантаження дозволив зменшити пікові РТО-значення на 10–18 % без зниження продуктивності. Це позитивно вплинуло на стабільність подачі (розкидач, насос обприскувача), знизило ризик нерівномірності внесення та випадкових «провалів» у роботі секцій. Спостерігалася також менша зміна обертів двигуна під час перехідних режимів (після розвороту, на ділянках з неоднорідним опором), що корелює з відомими закономірностями паливоспоживання при часткових навантаженнях.

ML-прогноз палива без урахування РТО-навантажень дає ~60–70 % загального паливного виграшу (через уникнення локально неефективних режимів швидкість/курс). Додавання ML-прогнозу РТО підсилює ефект ще на 25–30 % саме в операціях з активним приводом (зменшення піків, стабілізація моменту), що збігається з даними РТО-дінамометричних підходів описаних в літературі [6; 7];

На RTK-фіксі енергетичні ефекти максимально виражені. За погіршення точності позиціювання (субдециметровий → субметровий рівень) локальні корекції курсу стають обережнішими (зменшення офсетів, збільшення гістерезисів), але сукупний виграш зберігається завдяки скороченню перекриттів та кращому керуванню швидкістю [8]. Для нестабільних GNSS-умов доцільним є адаптивне завищення допусків і тимчасове домінування критеріїв

рівномірності покриття над енергетичними, що забезпечує агротехнічну якість і безпечність.

При зміні вологи/структури ґрунту без перенавчання ML-модуля середня похибка прогнозу палива/навантаження на ВВП зростає (типово до 14–16 %), однак корисність енергокорекцій зберігається завдяки внутрішнім механізмам гістерезису та «мертвих зон». Коротке до-навчання (1–2 години локальних даних) повертає точність до звичного рівня (MAPE ~9–13%), що узгоджується з результатами застосування узагальнених і телеметричних моделей у суміжних роботах [4–6].

Додаткові локальні корекції не збільшили тривалості завдання (± 1 –2 %), оскільки зниження «порожніх» перегонів і повторних проходів компенсувало втрати на мікрокорекції. Для наборів із частими поворотами (невеликі поля, складні контури) часовий баланс навіть поліпшувався завдяки оптимізованим траєкторіям розворотів.

Результати отримані для типових операцій (обприскування, розкидання, легка культивация) і можуть відрізнятися для важких тяглових знарядь із високою часткою буксування. Перенесення між регіонами з іншими ґрунтами та рельєфом потребує додаткових калібрувань. Похибки вимірювання витрати пального, крутного моменту ВВП і позиціонування можуть впливати на оцінку виграшу; тому рекомендовано використовувати лабораторно перевірені лічильники/датчики та систематичні контрольні проходи, детально описані в літературі [4–8].

Висновки

Запропоновано інтегровану технологію: цифровий двійник МТА + ML-прогноз палива й РТО-навантажень + енергокритеріальне покриттєве планування. Отримано $-6\ldots-11$ % до витрати палива, $-24\ldots-38$ % до перекриттів та $-10\ldots-18$ % до піків навантаження ВВП без збільшення часу циклу; результати узгоджуються з відомими моделями та випробуваннями.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г., Шевченко І. О., Щербінський І. О. Використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення ефективності експлуатації тракторів при паралельному водінні. // Збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених. Частина 1. Інжиніринг технічних систем агропромислового виробництва 15 листопада 2024 р. - Дніпро 2024. С. 27 – 31.

3. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті» 04-05. 04. 2024. - Харків: ДБТУ, 2024 С. 192.

4. Chakraborty S., et al. A Comprehensive Review of Path Planning for Agricultural Ground Robots // Sustainability. – 2022. – 14(15):9156. DOI: 10.3390/su14159156.

5. Kocher M. F., Hanna H. M. Fuel Consumption Models for Tractor Test Reports. University of Nebraska–Lincoln, 2017.
6. Grisso R. D., et al. Predicting Tractor Fuel Consumption // Applied Engineering in Agriculture. – 2004. – 20(5): 553–561.
7. Siddique M. A. A., et al. Simulation of Fuel Consumption Based on Engine Load and PTO Dynamometer Tests in a Power-Shift Tractor // Agriculture. – 2021. – 11(3):276.
8. de Farias M. S., Schlosser J. F., Tellechea A., Barbieri J. P. Torque and Power Demand of Agricultural Equipment Activated by PTO // CABI Digital Library. – 2021.

УДК 631. 372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ШЛЯХОМ ЗНИЖЕННЯ БУКСУВАННЯ

Федосенко В.Ф., Шевкун К.О. здобувачі ВО, Антощенков В.М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Негативний вплив на ґрунт колісних ходових систем тракторів пов'язаний не тільки з їх вагою, що викликає переущільнення ґрунту, але і з буксуванням ведучих коліс, в результаті чого відбувається ущільнення і порушення структурного складу родючого шару ґрунту.

Критичні швидкості значно нижчі за конструкційні швидкості колісних транспортних засобів і зазвичай не враховуються при моделюванні рівномірного процесу кочення, а процеси рушання з місця і зупинки, в яких проявляються критичні швидкості, залишаються невивченими.

Таким чином, проблема контролю і обмеження пробуксовки колісних універсальних тракторів є досить актуальною і вимагає вирішення при моделюванні процесу кочення колеса, а також при прогнозуванні режимів руху колісних тракторів з метою підвищення ефективності.

Аналізуючи проведені дослідження впливу експлуатаційних властивостей колісних сільськогосподарських тракторів на їх ефективність [1], можна зробити висновок, що основними з них є тягове зусилля, робоча швидкість, експлуатаційна маса і буксування. Більш того, сила тяги є причиною нестабільності контактних напружень в шині і в ґрунті, а отже, і нестійкості ковзання.

Рушії трактора, впливаючи на ґрунт, деформують його, створюючи поля напружень [1,2]. Деформація ґрунту відбувається одночасно в трьох взаємно перпендикулярних напрямках. В основному вона виноситься нормально на поверхню і характеризує ущільнення ґрунту. Якщо ущільнення неможливе, випинання ґрунту в сторони. У поздовжньому напрямку вона зміщується по ходу руху, а також деформується в зворотному напрямку через нормальних і дотичних напружень, викликаних дією ґрунтових ланцюгів. Величина і характер деформації ґрунту залежать від конструктивних і експлуатаційних параметрів рушіїв, а також від його фізико-механічних властивостей. Критеріями, що

визначають рівень впливу рушіїв трактора на ґрунт, є середнє і максимальнє нормальні тиски.

З параметрів, що характеризують взаємодію колісних тракторів з ґрунтом, найбільшій вплив на ущільнення ґрунту [1,2,3], надають вертикальне навантаження на колеса, геометричні розміри шин і величина тиску повітря всередині шини.

Для збереження родючості ґрунту необхідно враховувати тягові і зчіпні властивості сільськогосподарських тракторів для встановлення гранично допустимого пробуксовки їх в різних умовах експлуатації.

З метою зниження динамічного фактору трактора по двигуну і, як наслідок, обмеження коефіцієнта буксування ведучих коліс і підвищення паливної економічності трактора, передбачена можливість зміни крутного моменту дизельного двигуна при зміні об'ємного циклу подачі на 56 мм³/цикл.

Аналізуючи взаємозв'язок між буксуванням ведучих коліс і роботою двигуна трактора в технологічному агрегаті, можна зробити наступні висновки:

Динамічний фактор трактора по роботі двигуна перевищує динамічний фактор в зчепленні його ведучих коліс з ґрунтом і його надлишок породжує підвищене буксування, особливо в режимах рушання з місця та розгону агрегату.

Надлишок динамічного фактору в двигуні виникає через відсутність навантаження на ВВП і гідросистемі відбору потужності трактора і може бути усунутий за рахунок зниження номінальної циклічної подачі палива.

В роботі теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено взаємозв'язок між циклічною подачею палива в дизельному двигуні повнопривідного універсального просапного трактора і буксування його ведучих коліс. В результаті теоретичних досліджень сформувалося поняття миттєвих значень коефіцієнта буксування, які визначають енергетичну ефективність ведучих коліс, виміряну і контрольовану оператором за допомогою запропонованих датчиків перетворювача і індикатора. Встановлено допустимий рівень буксування для різних ґрунтових умов, з метою збереження властивостей ґрунтів без зниження врожайності вирощуваних культур. Практичне використання машинно-тракторного агрегату з сигналізатором буксування дозволяє підвищити ефективність колісних універсально-просапних тракторів шляхом зниження буксування при виконанні технологічних операцій.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичних засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев ; за ред. А. Т. Лебедева. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.
2. Трактори і автомобілі. Ч. 8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев ; за ред. А. Т. Лебедева. - Х. : Факт, 2013. - 256 с. - Б. ц..
3. Трактори і автомобілі: основи теорії і розрахунку двигунів внутрішнього згорання та тракторів і автомобілів [Електронний ресурс] : навч. посібник для

підгот. студентів закл. вищ. освіти аграр. профілю / В. М. Антощенко. - Харків: ХНТУСГ, 2020. - 220 с. - Б. ц.

УДК 629.11

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ РОЗРОБКИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ МЕТОДІВ

Шевкун К.О., Федосенко В.Ф. здобувачі ВО, Антощенко В.М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

На внутрішньогосподарських перевезеннях вантажів у сільському господарстві поруч із автотранспортом збереже своє значення і тракторний транспорт. Він розвиватиметься у напрямку підвищення вантажопідйомності причепів до 15 – 30 т, збільшення транспортної швидкості до 40 км/год, оснащення універсальних причепів змінними кузовами, а спеціалізованих – пристроями для навантаження та вивантаження. Зростання вантажопідйомності вимагатиме реконструкції вагового господарства сільськогосподарських та заготівельних переробних підприємств, важливу роль у цьому процесі відіграє технічна експлуатація.

Тракторний транспорт у реальних умовах експлуатації працює на дорогах зі змінним рельєфом, хвилястим профілем покриття, на ґрунтах з різною твердістю та вологістю. Під час руху транспортних засобів на підвищених швидкостях має місце вплив причепа з боку на бік, що постійно супроводжує тракторний транспорт під час його експлуатації. Внаслідок цього погіршується робота рушіїв, трансмісії, погіршуються динамічні та експлуатаційні властивості техніки, умови праці оператора. Щоб знизити амплітуду коливань причепа, оператор змушений посилено працювати кермовим колесом або знижувати швидкість руху, що в свою чергу позначається на втомі оператора, а також продуктивності та маневреності транспортного засобу [1].

Збільшення обсягів робіт підприємства також потребує більшої ефективності транспортної служби. Ефективність рухомого складу може оцінюватися по двом напрямам: продуктивність транспортного процесу та собівартість транспортної роботи. З цього випливає, що найбільша ефективність настає у момент максимальної продуктивності та мінімальної собівартості перевезення вантажів. Дуже актуальним є подальше розширення можливості спільного застосування автомобільних та тракторних транспортних засобів у єдиній транспортній системі.

Особливу увагу при впровадженні методик підвищення ефективності рухомого складу підприємства необхідно приділити самоскидам та причіпному складу, оскільки саме ці види технічних засобів складають найбільшу частку в парку транспортних засобів.

Тягово-зчіпні та гальмівні властивості тракторного поїзда значною мірою визначаються його конструктивною схемою, розподілом навантажень по колесах, характеристиками шин, числом та розміщенням провідних мостів,

потужністю двигуна [2]. Величини цих показників суттєво змінюються на різних поверхнях руху, характеризуючи ступінь прояву прохідності та гальмівних якостей активного тракторного поїзда. У процесі досліджень встановлено закономірності гальмування активних тракторних поїздів, що дозволяє забезпечити раціональне агрегування причепів із приводом коліс у складі активного тракторного поїзда. Викладена методика аналізу робочого процесу досліджуваних об'єктів дає можливість забезпечити налаштування приводу коліс причепа, що проектується, на умови експлуатації.

У роботі були визначені можливості застосування автомобілів-тягачів спільно з тракторами в єдиній системі перевезень. Також було запропоновано можлива схема застосування автотракторного поїзда у технології перевезень під час проведення дорожньо-будівельних робіт. Крім цього, було розглянуто основні питання, пов'язані з рухом автотракторних поїздів при скоєнні криволінійного руху [3].

Для розглянутою технологічної схеми був запропонований автотракторний поїзд з підкатним візком для переміщення автомобільного напівпричепа трактором. Для запропонованого автотракторного поїзда було визначено кути повороту керованих коліс причепа.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні теоретико- методичних, наукових та практичних положень та методів покращення роботи автотракторних засобів:

Практичне значення роботи полягає у застосуванні методик та розрахунків для підвищення ефективності роботи експлуатаційної та обслуговуючої служби підприємства. Впровадження результатів роботи на підприємстві дозволить підвищити ефективність використання рухомого складу за рахунок його раціонального використання, а також знизити матеріальні витрати на транспортні роботи. Оскільки робота транспорту безпосередньо з роботами інших підрозділів підприємства, підвищення ефективності роботи транспортного цеху спричинить поліпшення й інших напрямках роботи.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичних засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.
2. Трактори і автомобілі. Ч. 8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 256 с. - Б. ц..
3. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко.— Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017.— 244 с.

УДК 631.27

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРІВ ЗА РАХУНОК ЇХНЬОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ДО УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Федоров Є.О. здобувач ВО, Антощенко В. М., Кісь В.М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Сучасні ґрунтообробні агрегати відносяться до категорії найбільш складних технічних систем, що виконують технологічні процеси за рахунок переміщення по полю. При їх комплектуванні повинні враховуватися не лише висока якість технологічного процесу, максимальна продуктивність за мінімальних питомих паливно-економічних та фінансових витрат, а й екологічні обмежувальні пороги режимів роботи МТА, що визначаються ґрунтово-кліматичними умовами, в яких експлуатується техніка [1]. Екологічні обмежувальні пороги слід шукати за навантаженням тракторів тяговим зусиллям [2].

Залежність продуктивності МТА від коефіцієнта використання зчіпної ваги $\varphi_{\text{так}}$ показує, що оптимальні навантажувальні режими колісних тракторів у складі МТА з погляду отримання максимальної продуктивності характеризуються значеннями $\varphi_{\text{так}} = 0,37 \dots 0,39$ при коефіцієнті буксування δ від 18 до 20% для тракторів з колісною формулою 4К2 і $\varphi_{\text{так}} = 0,4 \dots 0,45$ при коефіцієнті буксування δ до 16% для тракторів з колісною формулою 4К4 [3,4].

Визначальним компонентом тягової характеристики є залежність коефіцієнта буксування від тягового зусилля (крива буксування), що визначає міру відповідності трактора тягової концепції. Криву буксування можна також вважати характеристикою несучою здатності ґрунту в горизонтальному напрямку для даного типу трактора [5].

Слід зазначити, що на сьогоднішній день колишня високорозвинена мережа районних та господарських інженерних служб у сільському господарстві практично відсутня. Кожен товаровиробник змушений на свій ризик купувати трактори, які йому пропонують, а частіше «нав'язують» місцеві дилери у вигляді виставкових проспектів чи реклами техніки, яка не пройшла сертифікаційні випробування на машино випробувальних станціях. Як правильно розкрити потенційні тягові можливості таких тракторів? Та ще й стосовно свого регіону – питання на сьогоднішній день дуже актуальне.

Виходячи з цього, актуальний математичний апарат з оцінки тягово-зчіпних показників колісних тракторів та режимів їх навантаження в реальних умовах експлуатації, що забезпечує гарну збіжність результатів рахунку з результатами натурних тягових випробувань з метою скорочення їх трудомісткості.

Аналіз динамічності процесу навантаження колісних тракторів класу 14 та 30 кН дозволив встановити максимальні значення амплітуди та частоти гакового

навантаження тракторів при виконанні різних ґрунтообробних операцій (для трактора класу 14 кН при русі з плугом – $\lambda = 3$ Гц, $A = 0,31 P_{\text{гак}}$; при русі з культиватором – $\lambda = 4$ Гц, $A = 0,22 P_{\text{гак}}$; для трактора класу 14 кН; при культивації поля після дискування – $\lambda = 2,8$ Гц, $A = 0,22 P_{\text{гак}}$, що дозволяє аналітичним шляхом отримувати області розкиду коефіцієнта буксування - області несучої здатності ґрунту для даного трактора, що враховують зниження тягових показників трактора у складі МТА в реальних умовах експлуатації.

Підтверджено, що використання залежності $\delta (P_{\text{гак}})$ достовірніше відображає картину деформації ґрунту, ніж $\delta (P_{\text{г}})$. Дробно-раціональна функція з параметром $k_{\delta} = 0,313$ для трактора МТЗ-80Л, що апроксимує цю графічну залежність, точно проходить через розрахункові точки навантаження рушіїв трактора (характерні режими роботи ведучого колеса) – спостерігається гарна збіжність експериментальних і розрахункових кривих, що підтверджується.

Теоретична та практична значимість роботи полягає у розробці програмно-обчислювального комплексу з оцінки тягово-зчіпних властивостей тракторів з колісною формулою 4К2 з урахуванням їх конструктивних особливостей, геометрії шин, стану опорної поверхні та умов навантаження у реальних умовах експлуатації.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичних засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев ; за ред. А. Т. Лебедева. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.
2. Антощенко В. М., Антощенко Р. В., Власовець В. М. Рушії автомобілів і тракторів: навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2021р. – 215 с.
3. Трактори і автомобілі. Ч. 8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедев ; за ред. А. Т. Лебедева. - Х. : Факт, 2013. - 256 с. - Б. ц..
4. Антощенко В. М. Трактори і автомобілі. Основи теорії і розрахунку двигунів внутрішнього згорання та тракторів і автомобілів: навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2020. - 220 с. - Б. ц.
5. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатoelementних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко.– Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017.– 244 с.

УДК 621.436

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ФОРСАЖНИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ МОТОРНО- ТРАНСМІСІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Коняєв Є. В., Федоров Є. О. здобувачі ВО, Антощенко В. М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Автомобіль як транспортний засіб насамперед характеризується ефективністю транспортування вантажів і людей. Ефективність автомобіля може визначатися співвідношенням таких параметрів як вантажопідйомність (пасажиромісткість), середньою швидкістю руху, відповідною витратою палива, а також рівнем викиду шкідливих речовин в навколишнє середовище та ін. [1].

Поліпшення тягово-швидкісних властивостей та опорної прохідності автомобілів багатоцільового призначення є актуальним завданням галузі. Ступінь пристосованості до виконання різних тягово-транспортних робіт пропонується оцінювати енергоефективністю автомобіля. Енергоефективність автомобіля визначається ставленням корисної роботи до витрати палива за заданих умов руху. На енергоефективність значно впливають режими роботи моторно-трансмісійних установок. Автомобілі експлуатуються при типових режимах роботи, заявлених заводами-виробниками (гальмові, холості, часткові та номінальні), а також короткочасно при форсажних режимах роботи [2].

Підвищення енергоефективності автомобілів в даний час відбувається за трьома напрямками:

- 1) розробка перспективних та принципово нових конструкцій автомобільної техніки;
- 2) покращення експлуатаційних параметрів автомобілів традиційної конструкції на стадії виробництва;
- 3) модернізація (автотюнінг) автомобільної техніки, яка знаходиться у безпосередній експлуатації.

Виходячи з цього, є доцільним проведення теоретико-практичних досліджень з метою подальшого підвищення енергоефективності автомобілів у всіх зазначених напрямках.

На енергоефективність автомобіля найбільший вплив надають параметри двигуна та трансмісії, а також ефективність їхньої взаємодії. Фізичне об'єднання двигуна та трансмісії автомобіля є моторно-трансмісійною установкою [3].

Удосконалення вихідних параметрів моторно-трансмісійних установок має найбільший вплив на тягово-швидкісні властивості та паливну економічність порівняно з іншими експлуатаційними властивостями, які також зазнають впливу параметрів моторно-трансмісійних установок. Параметри моторно-трансмісійних установок характеризуються швидкісними та навантажувальними характеристиками, а також діапазоном та часом зміни передавальних чисел [4].

Зазначені параметри МТУ автомобілів повинні мати такі значення та їх розподіл у часі з урахуванням впливу різних факторів, що дозволяють

автомобілю досягати високої енергоефективності за різних умов руху. Енергоефективність автомобіля визначається не тільки його експлуатаційними властивостями, але також способом оцінки енергоефективності.

Запропоновано критерій оцінки енергоефективності – коефіцієнт енергоефективності, що включає коефіцієнт навантаження і коефіцієнт витрати палива, які характеризують відношення корисної досконалої роботи автомобілем до витрати палива за заданих умов руху. Енергоефективність автомобіля визначається відповідним співвідношенням частоти обертання двигуна та положенням педалі подачі палива за заданих умов руху.

За різних умов експлуатації автомобілів багатоцільового призначення з форсуванням моторно-трансмісійних установок до 20% та відповідного зниження втомної довговічності деталей трансмісії до 15% порівняно з типовими режимами рекомендується використовувати форсажний режим роботи МТУ в межах 10% від загального терміну служби.

Розроблена методика підвищення енергоефективності автомобілів багатоцільового призначення форсажними режимами роботи моторно-трансмісійних установок може використовуватись при проектуванні нових та вдосконаленні існуючих зразків моторно-трансмісійних установок різних автомобілів для покращення їх тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Ч. 8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 256 с. - Б. ц..

2. Трактори та автомобілі [Текст] : підруч. Ч. 5. Теорія двигунів внутрішнього згоряння / М. Г. Сандомирський, Л. М. Варваров, В. М. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедєв, Р. В. Антощенко, М. Л. Шуляк ; за ред. А. Т. Лебедєв ; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : ХНТУСГ, 2021. - 258 с. : мал., табл. - Бібліогр.: с. 257.

3. Антощенко В. М. Трактори і автомобілі. Основи теорії і розрахунку двигунів внутрішнього згоряння та тракторів і автомобілів: навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2020. - 220 с. - Б. ц.

4. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичних засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.

УДК 662.767.2

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ВІДХОДИ І ПОЛІТИКА КОГЕНЕРАЦІЇ: ДОСВІД УКРАЇНИ ТА ЄВРОПИ

**Скляр О.Г., к.т.н., професор; Скляр Р.В., к.т.н., доцент;
Болтянський Б.В., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Анотація. У статті проаналізовано сучасний стан використання сільськогосподарських відходів у когенераційних технологіях, порівняно політику підтримки біоенергетики в Європейському Союзі та Україні. Розглянуто ключові інституційні, економічні та технологічні чинники, що визначають ефективність залучення агробіомаси для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії. Показано перспективи формування інтегрованої політики когенерації в Україні відповідно до європейських стандартів циркулярної економіки та енергетичної безпеки.

Сільськогосподарські відходи, які утворюються внаслідок діяльності рослинницьких, тваринницьких та переробних підприємств, становлять один із найбільш вагомих ресурсних потоків сучасної біоекономіки. У Європейському Союзі та Україні саме аграрна сфера генерує найбільший обсяг біомаси, придатної для енергетичного використання, однак рівень її фактичного залучення значною мірою залежить від політики держави щодо когенерації та стимулювання відновлюваної енергетики [1]. В умовах глобального переходу до низьковуглецевих систем, зростання вимог до управління відходами та підвищення енергоефективності аграрного виробництва біоенергетичні технології, особливо когенераційні установки на основі аграрних відходів, стають фундаментальним елементом екологічної та енергетичної стратегії.

Когенерація, тобто комбіноване виробництво теплової та електричної енергії, забезпечує суттєво вищий коефіцієнт корисного використання енергії порівняно з роздільними системами [2]. Для аграрних підприємств це означає можливість одночасно вирішувати питання утилізації відходів, забезпечення власних енергетичних потреб та створення доданої вартості. Європейський досвід демонструє, що поєднання біогазових реакторів з когенераційними установками дозволяє досягти ефективності понад 80–90% при переробці тваринницьких та рослинних відходів, що значно перевищує ефективність традиційного спалювання.

У країнах Європейського Союзу політика когенерації формувалася поступово, ґрунтуючись на кліматичних зобов'язаннях, економічних стимулах та довгострокових інвестиційних програмах. Німеччина стала одним із лідерів завдяки запровадженню закону *Erneuerbare-Energien-Gesetz*, який установив пільгові тарифи для біогазових електростанцій і бонуси за використання відходів замість енергетичних культур. Данія досягла високої частки біогазу в теплогенерації завдяки загальнонаціональній політиці централізованого

теплопостачання та обов'язковому змішуванню гною з іншими органічними відходами. Польща, Чехія та Австрія розвинули децентралізовану систему малих когенераційних модулів, які інтегровані в фермерські господарства.

У цих країнах наголос робиться на циркулярному підході: аграрні відходи перетворюються на енергію, живильні елементи повертаються на поля у вигляді органо-мінеральних добрив, а підприємства отримують джерело додаткових прибутків. Такий підхід підтримується не лише фінансовими інструментами, а й нормативними вимогами до зменшення викидів аміаку, метану та парникових газів, що стимулює фермерів інвестувати в сучасні біогазові та когенераційні установки [3].

В Україні політика щодо використання аграрних відходів для енергетики розвивається більш повільно, хоча потенціал надзвичайно високий. Країна має потужний тваринницький та рослинницький сектор, що створює величезні обсяги гною, посліду та пожнивних решток [4]. Стимулюючим інструментом у 2015–2022 роках був «зелений тариф», який забезпечив розвиток біогазових станцій, однак він охоплював переважно великі проєкти та не створював достатніх стимулів для середніх і малих господарств. Натомість розвиток політики виробництва біометану, можливість його подачі до газорозподільної системи та намір інтегруватися до європейського ринку біометанів стали новими векторами. Проте все ще бракує системної державної політики, орієнтованої саме на когенераційні рішення для аграрного сектору.

Одним із ключових викликів для України є недосконала система поводження з відходами. Значна частина пожнивних матеріалів спалюється, а гній та послід зберігаються у відкритих гноєсховищах, що спричиняє викиди метану та аміаку. Запровадження європейських стандартів, зокрема директиви щодо промислових викидів, вимагатиме переходу до контрольованих систем утилізації органічних залишків [5]. Когенераційні та біогазові комплекси є найефективнішим інструментом для реалізації такого переходу.

Перспективи розвитку політики когенерації в Україні пов'язані з гармонізацією законодавства з нормами ЄС, впровадженням ринку вуглецевих квот і стимулюванням відновлюваної енергетики в аграрному секторі. Важливим є також забезпечення доступу до фінансування, зокрема через програми ЄС, національні фонди та механізми «зелених» інвестицій. Значний потенціал мають кооперативні моделі, коли сільські громади або групи дрібних виробників об'єднують свої ресурси для створення спільних біоенергетичних об'єктів [6]. Це знижує бар'єр входу та підвищує економічну доцільність когенераційних технологій.

Подальший розвиток технологій також відіграє ключову роль. Сучасні когенераційні установки із гнучким навантаженням, можливістю роботи на біометані, цифровими системами контролю, автоматизованим управлінням процесом ферментації та комбінованим очищенням біогазу значно покращують ефективність переробки аграрних відходів [7]. У перспективі очікується поширення малих модульних когенераційних систем потужністю 50–300 кВт, які

можуть бути інтегровані безпосередньо на фермах і працювати на місцевому біогазі або сирій агробіомасі.

Перспективний розвиток когенераційних технологій у сфері переробки сільськогосподарських відходів в Україні тісно пов'язаний із загальноєвропейськими тенденціями переходу до низьковуглецевої економіки, інтеграції сектору відновлюваної енергетики й підвищення ефективності управління агробіомасою [8]. Аналіз практик ЄС показує, що саме політичні й нормативні механізми стали ключовими чинниками активного розвитку біоенергетичних когенераційних установок, тоді як технологічна готовність уже давно не є обмежувальним фактором. Для України актуальним є поєднання технологічних можливостей із адаптацією політики до стандартів ЄС, оскільки власні обсяги придатної біомаси (солома, кукурудзяні рештки, лушпиння, гній, послід) є одними з найбільших у Європі.

У короткостроковій перспективі найбільш імовірним напрямом розвитку енергетичної утилізації агровідходів є розширення сегмента біогазово-когенераційних установок середньої потужності. Їхнє технологічне та економічне обґрунтування ґрунтується на високій доступності відходів тваринництва та рослинництва, низькій вартості сировини та можливості повної утилізації тепла на внутрішні потреби фермерських комплексів [7,8]. Аналітичні розрахунки показують, що для ферм із поголів'ям 300–2000 голів ВРХ чи свиней, когенерація на біогазі забезпечує скорочення витрат на електроенергію до 60% і повністю покриває теплові потреби господарства. Водночас технології мембранного очищення біогазу роблять можливим продаж надлишків у вигляді біометану, що істотно підвищує комерційну привабливість таких систем.

У середньостроковій перспективі ключовим драйвером змін стане інтеграція України до європейського ринку біометану та механізмів торгівлі вуглецевими квотами. Це означатиме перехід від фрагментарних когенераційних проєктів до стратегічно інтегрованих кластерів біоенергетики, що працюють на місцевій біомасі та забезпечують децентралізоване виробництво енергії. Аналіз досвіду Данії, Німеччини та Нідерландів показує, що кластери, які поєднують агропідприємства, біогазові станції, теплові мережі та системи очищення біогазу до біометану, здатні забезпечувати 25–40% потреб регіону в теплі та частково – в електроенергії. Україна має потенціал створення не менше 150 таких кластерів завдяки концентрації сільськогосподарського виробництва та наявності значних залишків агробіомаси, що наразі не використовуються.

Довгострокові перспективи розвитку когенерації мають стратегічне значення для кліматичної політики. Сільськогосподарські відходи є одним із найбільших неконтрольованих джерел викидів метану, і їх переробка в біогазові когенераційні системи дозволяє знизити ці викиди на 70–90%. Це відповідає європейському курсу на скорочення метанових викидів у секторі АПК. Україна, інтегруючись у Green Deal, може отримувати фінансові інструменти для компенсації скорочення викидів та впровадження біоенергетичних проєктів. У такому контексті когенерація на основі агровідходів перестає бути лише технологічною опцією, а стає складовою кліматичної стратегії держави.

Аналітичний прогноз також свідчить про зростання ролі малих модульних когенераційних систем потужністю 50–500 кВт, які працюють безпосередньо на фермах. Такі установки можуть функціонувати на гної та посліді без складних транспортних логістичних схем, що підвищує економічну ефективність.

Окрему роль відіграватиме розвиток технологій утилізації тепла та бічних продуктів когенерації. Дігестат, що залишається після біогазового зброджування, може бути перероблений у концентровані органо-мінеральні добрива, що вирішує питання дефіциту мінеральних добрив та зменшує залежність від імпорту. Тепло когенераційних систем може використовуватися у теплицях, сушарках зерна, виробництві біопродуктів або для низькотемпературних технологічних процесів, що створює замкнуті енергетично-технологічні цикли.

Висновки

Узагальнюючи аналітичні тенденції, можна стверджувати, що розвиток когенерації на основі сільськогосподарських відходів в Україні має значний потенціал за умови синергії технологічних інновацій, державної політики та інтеграції в європейські ринки. Перехід до циркулярної моделі управління біомасою дозволить ефективно утилізувати аграрні відходи, зменшити екологічні ризики, зміцнити енергетичну незалежність і створити економічно привабливе середовище для аграрного виробника.

Список використаних джерел

1. Енергетичне використання агровідходів. Що варто знати про організаційні і технічні рішення/ Г.Г. Гелетука та інш. *Аналітична записка UABIO. № 24. 2020. 49 с.*
2. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-3.
3. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89–100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.
4. Komar A. S. Methodological approaches to the optimization of machine technologies of animal waste disposal. *Scientific research in the modern world: Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2023. P. 194–198.
5. Комар А. С. Шляхи підвищення якості виробництва біодобрив. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2024, 14(2). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-2-2>.
6. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-9>.
7. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аспекти удосконалення конструкцій біогазових установок. *Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. ДБТУ. Харків, 2023. С. 81–84.

8. Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

УДК 628.477: 658.567.1

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОКОНВЕРСІЇ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА ТА ПТАХІВНИЦТВА

Скляр О.Г., к.т.н., професор; Скляр Р.В., к.т.н., доцент;
Акулов В.Д., аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Анотація. У статті досліджуються інноваційні технології біоконверсії органічних відходів тваринництва та птахівництва, включаючи гній великої рогатої худоби, свиней, птишиний послід, глибоку та комбіновану підстилку, залишки кормів, стічні осади тваринницьких комплексів і побічні продукти життєдіяльності тварин. Проаналізовано сучасні інженерні підходи до підготовки та стабілізації сировини, включно з попереднім гідролізом, подрібненням, гомогенізацією та оптимізацією вологісного режиму. Охарактеризовано сучасні способи очищення біогазу та переробки дигестату, який у випадку відходів тваринництва є висококонцентрованим джерелом азоту, калію та мікроелементів та наведено інженерні рекомендації щодо проєктування, автоматизації та енергоефективності біогазових комплексів, адаптованих до умов великих і середніх тваринницьких господарств України.

Органічні відходи, що утворюються у тваринництві та птахівництві, становлять один із найбільш масових та екологічно значущих потоків агровиробництва. До них належать гній великої рогатої худоби, свиней, коней та овець, птишиний послід, відходи глибокої й комбінованої підстилки, залишки кормів, промивні води, осади тваринницьких стоків, а також побічні продукти мікробіологічного розпаду у тваринницьких приміщеннях [1]. Сучасні інноваційні підходи у сфері біоконверсії дають змогу перетворити ці відходи на цінні енергетичні та агрохімічні ресурси, забезпечуючи санітарну безпечність виробництва, зменшення викидів аміаку, метану та парникових газів, а також економічну вигоду для господарств. В умовах інтенсифікації аграрного сектору України розробка та впровадження технологій високоефективної біоконверсії тваринницьких відходів набувають особливого значення.

Біологічна конверсія відходів тваринництва ґрунтується на принципах анаеробної ферментації, яка забезпечує перетворення органічної речовини в метан та діоксид вуглецю завдяки послідовним мікробіологічним стадіям гідролізу, ацидогенезу, ацетогенезу та метаногенезу [2]. У типових умовах тваринницькі відходи характеризуються високою вологістю (75–92%), низьким співвідношенням вуглецю до азоту (C:N від 6:1 до 15:1) та значною часткою

важкогідролізованих компонентів, таких як целюлоза, геміцелюлоза, лігнін або недоїдені корми. Ці особливості визначають необхідність застосування інноваційних інженерних рішень, що забезпечують глибоку деструкцію органічної речовини та інтенсифікацію газоутворення. На сучасних підприємствах дедалі ширше використовуються системи попереднього гідролізу, механічного та термічного подрібнення, сепарації підстилкових матеріалів та підвищення однорідності субстрату перед подачею до реактора.

Одним із найбільш перспективних рішень для ферментації гною та пташиного посліду є технологія розділеного гідролізу, коли первинний розклад органічної речовини відбувається в окремому гідролізованому реакторі [3]. Це дає змогу стабілізувати рН, мінімізувати кислотні стреси, що негативно впливають на метаногенів, та істотно збільшити швидкість метаболічних перетворень. Розділення гідролізу та метаногенезу забезпечує підвищення загальної газової продуктивності на 15–25%, а також дає можливість обробляти складні субстрати, такі як пташиний послід із високим умістом аміаку або підстилка з великою часткою твердих домішок.

Не менш актуальною є технологія твердофазної ферментації (*dry fermentation*), яка забезпечує ефективну переробку субстратів з високою часткою сухої речовини - до 40% [4]. Вона дозволяє працювати з гноєм великої рогатої худоби на солом'яній підстилці, кінським гноєм, пташиним послідом, сумішами соломи та органічних залишків, не вимагаючи розведення субстрату до рідкої фази. Це значно зменшує потребу в воді, скорочує об'єм реакторів та знижує енергетичні витрати на перемішування. Твердофазні реактори формують анаеробне середовище у щільному масиві субстрату з підтриманням необхідної вологості та температури, а газові канали забезпечують рівномірне відведення біогазу. Практичний досвід експлуатації таких установок доводить їхню ефективність саме в умовах фермерських господарств із високою часткою підстилкових матеріалів.

Інноваційний розвиток біоконверсії також пов'язаний із використанням реакторів з іммобілізованою мікрофлорою. Полімерні, цеолітові або волокнисті носії дозволяють закріпити метаногенні консорціуми в активній формі, запобігаючи їх вимиванню через незбалансовану подачу субстрату. У тваринницьких господарствах, де надходження гною може коливатися залежно від технологічного циклу, такі системи забезпечують стабільність процесу. Іммобілізована мікробіота підвищує концентрацію активної біомаси у метаногенній фазі та зменшує негативний вплив аміачного інгібування, характерного для посліду птиці та свинячого гною високої концентрації [5].

Суттєвий ефект досягається й завдяки застосуванню ферментних препаратів, які прискорюють гідроліз целюлозних компонентів та денатурацію складних білкових структур. Протеази, целюлази, геміцелюлази та ліпази здатні зменшити загальний час розкладу органічної речовини й збільшити вихід біогазу на 20–40%. У практиці механізованих тваринницьких комплексів ферментативна підготовка особливо цінна при переробці курячого посліду, який містить високу частку нерозчинних компонентів та утримує аміак у токсичних формах [6].

Отриманий у процесі ферментації біогаз є сумішшю метану і діоксиду вуглецю з домішками водяної пари, аміаку та сірководню. Очищення газу є обов'язковою умовою для його використання у когенераційних установках, газових котлах або для подальшого доведення до стандартів біометану [7]. Мембранні системи селективного розділення, амінні поглинальні апарати, адсорбційні фільтри та біологічні десульфуризатори дозволяють видалити CO_2 і H_2S до необхідних концентрацій. З огляду на високу частку азотистих компонентів у посліді й гної тварин, очищення від аміаку також є важливим технологічним елементом, що впливає на стабільність роботи генераторів.

Дігестат є кінцевим продуктом анаеробної переробки органічних відходів тваринництва. Він містить мінералізовані форми азоту, калію, фосфору та мікроелементів, а також стабілізовану органічну речовину, позбавлену патогенів та насіння бур'янів. На практиці виділяють рідку та тверду фракції дігестату. Рідка фракція використовується як високоефективне добриво для ґрунтів інтенсивного землеробства, а тверда - для компостування, гранулювання або як основа для органо-мінеральних добрив [8]. Застосування мембранних технологій дозволяє отримувати технічну воду для повторного використання та концентровані добривні розчини, що значно підвищує ресурсну ефективність біоконверсійного комплексу.

З інженерної точки зору особливого значення набуває правильне проєктування систем збирання й підготовки гною та посліду. Рівномірна подача, гомогенізація, підтримання стабільної вологості та забезпечення повного перемішування є критично важливими для роботи ферментера. Системи теплової рекуперації на базі когенераційних модулів дозволяють скоротити витрати на підігрів субстрату, а автоматизовані контрольні системи забезпечують моніторинг температури, рН, вмісту сухих речовин і параметрів газу. Стандарти сучасного біогазового машинобудування передбачають наявність безпечних газозбірників, клапанів надлишкового тиску, теплоізованих реакторів і корозійностійких матеріалів внутрішнього облицювання.

Впровадження інноваційних технологій біоконверсії органічних відходів тваринництва та птахівництва дозволяє суттєво зменшити екологічні ризики, пов'язані з традиційними методами зберігання гною й посліду, знижує викиди парникових газів, запобігає забрудненню ґрунтових вод і сприяє переходу аграрного сектору до моделі замкнутого циклу. Для тваринницьких господарств України це відкриває можливості підвищення енергонезалежності, зниження виробничих витрат, отримання додаткового доходу від продажу електроенергії, тепла або біометану, а також виробництва високоефективних добрив.

Перспективний розвиток біоконверсійних технологій передбачає впровадження комплексних систем підготовки субстратів, розширення застосування сухої ферментації та реакторів розділеного гідролізу, розвиток мембранного очищення біогазу до біометану та підвищення рівня автоматизації процесів. Рекомендовано розвивати технології грануляції твердої фракції, мембранного згущення рідких добрив, компостування з біоактиваторами та отримання органо-мінеральних комплексів із прогнозованим вмістом поживних

речовин. Це дозволить замінити значну частку імпортних мінеральних добрив та підвищити стійкість агровиробництва.

На рівні фермерських і промислових підприємств необхідно запроваджувати автоматизовані системи керування процесами ферментації, моніторингу газу та контролю параметрів субстрату. У перспективі впровадження датчиків інтелектуальної аналітики, прогнозних моделей та систем машинного навчання дозволить здійснювати адаптивний контроль біореакторів у режимі реального часу.

З погляду державної політики доцільним є стимулювання розвитку біогазових та біометанових проєктів через: економічні механізми (податкові пільги, пільгове кредитування, компенсації капітальних витрат), розвиток інфраструктури збору пташиного та тваринницького посліду, створення регіональних біоконверсійних хабів і введення нормативів, які унеможливають неконтрольоване зберігання гною на відкритих майданчиках.

У довгостроковій перспективі технології біоконверсії органічних відходів тваринництва та птахівництва здатні стати ключовою складовою національної стратегії кліматичної нейтральності.

Висновки

Отже, інноваційні технології біоконверсії органічних відходів тваринництва та птахівництва є ключовим інструментом сталого розвитку агропромислового комплексу. Їх широке впровадження сприятиме формуванню циркулярної біоекономіки, забезпечить раціональне використання ресурсів і дасть змогу перетворити великотоннажні органічні відходи на продукти з високою доданою вартістю.

Список використаних джерел

1. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник/ Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2021. Вип. 11, т. 2. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-3>.
3. Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.
4. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89–100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.
5. Болтянський, Б., Сиротюк, С., Коробка, С., Стукалець, І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2024, 14(1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6>.

6. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol.16. No2, b. Pp. 183–188.

7. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-3.

8. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С. Шляхи підвищення якості виробництва біодобрив. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2024, 14(2). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-2-2>.

УДК 629.113.012.5

КОНСТРУКЦІЇ ТА ВІДМІННОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Лихошерст І.С. здобувач ВО, Дудник В.В. к.т.н., доцент

Полтавський державний аграрний університет

Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи системи рідинного охолодження двигуна внутрішнього згоряння автомобіля шляхом аналізу та оптимізації конструктивних параметрів блоку «радіатор-вентилятор».

Система охолодження двигуна внутрішнього згоряння призначена для відведення надлишкової теплоти від циліндрів у навколишнє середовище. Вона повинна забезпечувати стабільний температурний режим деталей циліндро-поршневої групи за будь-яких умов роботи двигуна [1].

Необхідність охолодження зумовлена потребою в обмеженні температури стінок циліндрів в межах працездатності мастильних матеріалів. Перевищення цих меж призводить до руйнування масляної плівки, що спричиняє виникнення режиму напівсухого тертя, прискорене зношування поверхонь та появу задирів. Гранична температура головки циліндрів визначається міцністю матеріалу та допустимими тепловими деформаціями. Зокрема, алюмінієві сплави істотно втрачають свої міцнісні властивості при температурах понад 200 °С.

Завдяки підвищеній теплонапруженості швидкохідні двигуни, як правило, забезпечуються рідинними системами охолодження. Останні в змозі забезпечити інтенсивне відведення теплоти від охолоджуваних деталей [2].

На нинішніх авто найчастіше використовуються одноконтурні системи, в котрих застосовують радіатори для відведення тепла.

Для підвищення інтенсивності теплообміну в радіаторі доцільно застосувати багатоходову схему руху охолоджувальної рідини. На рис. 1 як приклад показана схема триходового радіатора.

Блок «радіатор-вентилятор» є основним теплорозсіювальним елементом рідинної системи охолодження. До його складу входять вентилятор із кожухом, радіатор та його жалюзі.

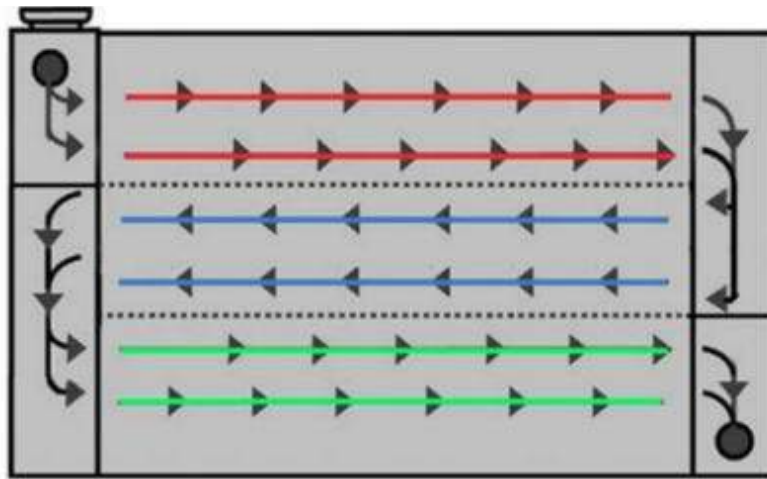


Рис. 1. Принципова схема триходового радіатора

Теплорозсіювальний вузол повинен забезпечувати високу теплову ефективність за відносно малих питомих витрат потужності на переміщення повітря та охолоджувальної рідини, мати малу масу (з мінімальним використанням кольорових металів), бути компактним, надійним і довговічним у роботі.

На ефективність функціонування блоку істотно впливають швидкість руху теплоносіїв (охолоджувальної рідини та повітря) через радіатор, а також конструктивні параметри. До основних з них належать: співвідношення площі проходу повітря до фронтальної площі радіатора; компонування його охолоджувальної поверхні (розміри фронтальної частини, глибина та ширина серцевини, форма, матеріал, кількість і розташування трубок, а також форма і матеріал охолоджувальних пластин або стрічок); конструкція вентилятора, його кожуха, шторки чи жалюзі; взаємне розташування вентилятора відповідно радіатора та двигуна [3].

Раціональне співвідношення площі, охопленої вентилятором, та фронтальної площі радіатора дозволяє без збільшення потужності вентилятора істотно підвищити теплову ефективність вузла, оскільки при цьому повітряний потік рівномірніше та з більшою швидкістю обдуває серцевину радіатора. У системах охолодження автомобілів в різні типи радіаторів та схеми циркуляції рідини (рис. 2) [4]:

- основний радіатор – забезпечує відведення тепла від охолоджувальної рідини під час нормальної та підвищеної роботи двигуна
- додатковий або обхідний радіатор – дозволяє організувати регульовану циркуляцію рідини для швидкого прогріву двигуна та підвищити ефективність охолодження в пікових режимах;
- триходова схема циркуляції – часто використовується для оптимізації роботи основного та обхідного контурів, що дозволяє рівномірно розподілити теплове навантаження та знизити ризик перегріву.

Процес теплопередачі відбувається поміж двох теплоносіїв – повітрям та охолоджувальною рідиною. Теплообмінники такого типу належать до рекуперативних.

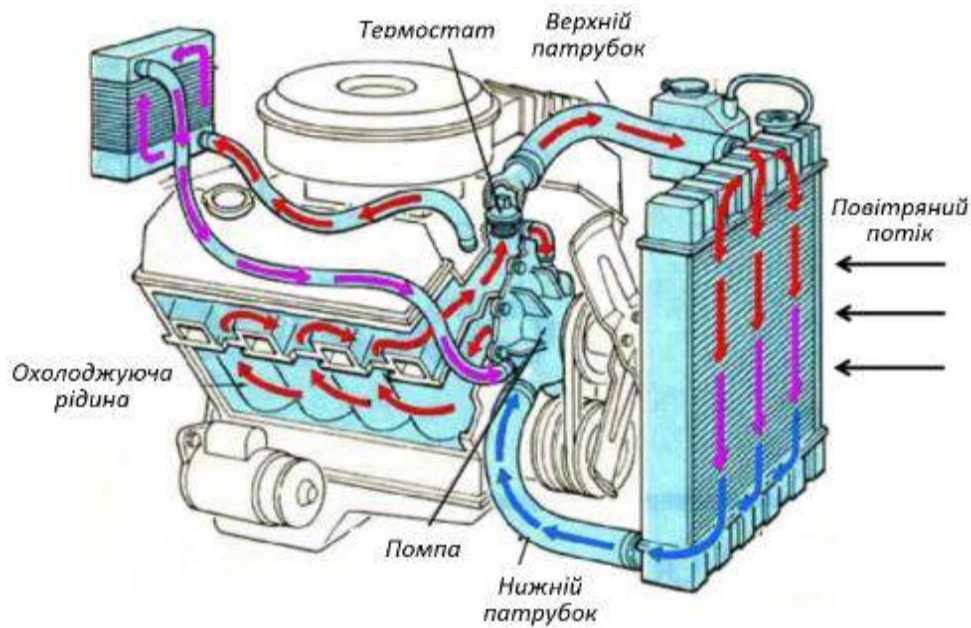


Рис. 2. Принципова схема стандартної системи охолодження двигуна вантажного автомобіля

У більшості радіаторів напрямки потоків теплоносіїв організовують перехресно, тобто вектори швидкості повітря та охолоджувальної рідини перетинаються під прямим кутом.

В системах охолодження двигунів автомобілів зазвичай використовують два типи конструкції серцевини радіатора – трубчасто-пластинчасту та трубчасто-стрічкову (рис. 3).

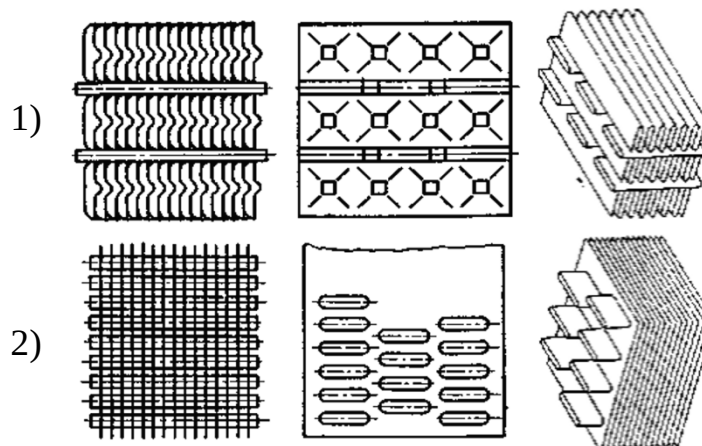


Рис. 3. Складові частини серцевини радіаторів системи охолодження
1 - трубчасто-стрічкової; 2 - трубчасто-пластинчастої

Трубчасто-пластинчасті радіатори, що виготовляються з мідні, складаються з чисельних плоскоовальних трубок, які зазвичай виготовляють із латунної або томпакової стрічки. На ці трубки надягають і припаюють плоскі мідні чи латунні пластини [4], що формують ребра охолодження.

Експлуатація трубчасто-стрічкових радіаторів підтверджує хороші

міцності якості цих радіаторів.

На більшості сучасних автомобілів використовується повітряний тракт системи охолодження, схема компоновання вхідного ділянки якого показана на рис. 4. Недоліком даної схеми компоновання є неповне охоплення площі радіатора самим вентилятором [1]. Таким чином, з'являється необхідність ретельного аналізу впливу різних параметрів елементів конструкції (площі і розмірів радіатора, площі, захоплюваної лопатями вентилятора і ін. та їх взаємного розташування один щодо одного).

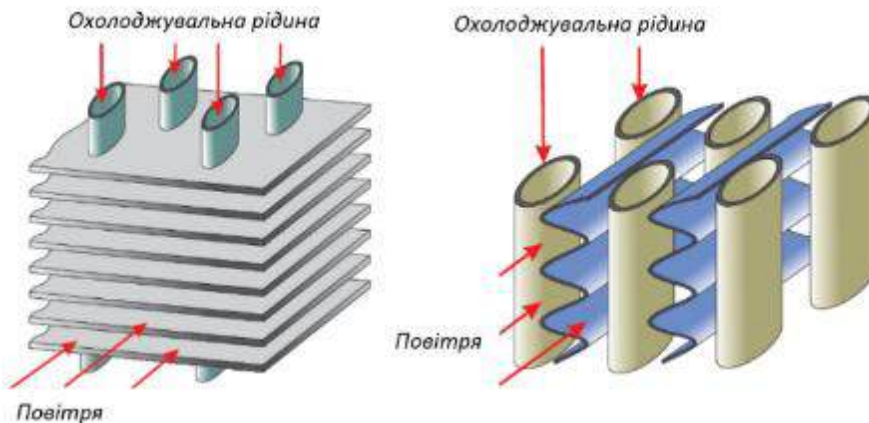


Рис. 4. Схема компоновання вхідних ділянок повітряних трактів

Проведений аналіз конструктивних особливостей головних елементів блоку «радіатор-вентилятор» в системах охолодження двигунів автомобілів вітчизняного виробництва засвідчив їхню загальну відповідність сучасним вимогам, що висуваються до автомобільної техніки. Водночас виявлено ряд недоліків, серед яких:

- недостатня якість контакту між ребрами та трубками в радіаторах непаєної конструкції, що під час експлуатації призводить до зниження теплорозсіювальної здатності;
- наявність підсосів повітря між кожухом вентилятора та радіатором, внаслідок чого через радіатор проходить менший об'єм повітря, ніж необхідно;
- знижено ефективність роботи вентиляторних установок у спекотний період року, що при важких експлуатаційних режимах (мала швидкість руху та максимальне навантаження двигуна) зумовлює підвищення витрат потужності на привод вентилятора та, відповідно, збільшення витрат палива.

Висновки

Отже, ефективність теплорозсіюючого вузла «радіатор-вентилятор» залежить від швидкості руху теплоносія, співвідношення фронтальної площі радіатора та площі, захоплюваної вентилятором, конструкції серцевини радіатора.

Проведений аналіз показав необхідність оптимізації конструктивних параметрів блоку «радіатор-вентилятор» та режимів його роботи для підвищення теплової ефективності та надійності системи охолодження.

Список використаних джерел

1. Мартинов А.В., Коваленко С.О. Системи охолодження автомобільних двигунів: конструкція та обслуговування. Київ: Арістей, 2017. 248 с.
2. Терентьев Ю.А., Гончаренко В.П. Системи охолодження двигунів внутрішнього згоряння. Дніпро: НМетАУ, 2014. 198 с.
3. Куликов Ю.А., Гончаров А.В., Семенова Н.Ю. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу конвективного теплообміну в радіаторах систем охолодження двигунів внутрішнього згоряння автомобілів. *Вісник автомобільно-дорожнього інституту ДонНТУ*. 2007. № 1 (4). С. 62-70.
4. Пархоменко Г.М., Риженко В.М. Теорія та конструкція автомобілів. Київ: НАУ, 2015. 380 с.

УДК 629.113

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА FMS З КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ ПАЛИВА ВАНТАЖНИМ АВТОМОБІЛЕМ

Рибак Т.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Визначена особливість використання системи FMS за витратою палива вантажним автомобілем.

FMS (Fleet Management System) - система управління автопарком розроблена задля автоматизації виробничих процесів із підтримкою телематичних систем, супутниковий моніторинг (рис. 1).



Рисунок 1 - Функціонування системи управління автопарком

Наразі, за умов комп'ютеризації, інформатизації та автоматизації одним із шляхів удосконалення управління автомобільним транспортом є розвиток та модифікація FMS до інтелектуальних транспортних систем [1], що дозволяють

здійснювати контроль (рис. 2) та визначити шляхи зменшення витрати палива вантажним автомобілем.

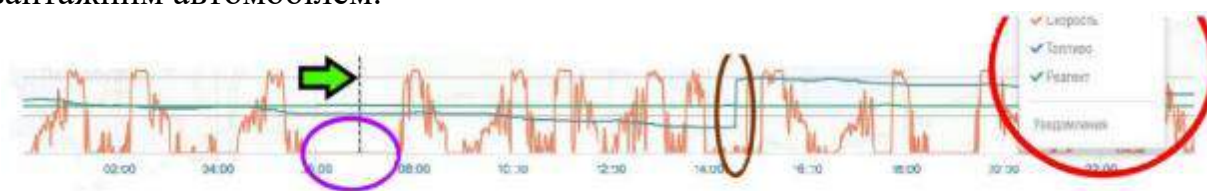


Рисунок 2 - Відслідкування витрати палива вантажним автомобілем Scania

Система включає і об'єднує параметри, що характеризують такі дії кермувальника, як перемикання передач, гальмування, керування швидкістю, завдяки яким визначається стиль водіння, що піддається подальшому коригуванню на користь підвищення ефективності процесів та зниження експлуатаційних витрат, що у результаті веде до підвищення майстерності кермування. Даний аспект є дуже важливим, оскільки за даними ряду досліджень більша частина всіх витрат при перевезеннях близько 70% залежить від професіоналізму кермувальника.

Список використаних джерел

1. Шевченко І.О., Макаренко М.Г., Блезнюк О.В. Прогнозування технічного стану автомобільних трансмісій на основі інтегрованого аналізу вібраційних і акустичних характеристик із застосуванням передових методів штучного інтелекту та моделювання перехідних процесів // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів №26' 2025. С. 149-162. <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.149-162>.

УДК 620.92

ВПЛИВ ОБ'ЄКТІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ НА РЕЗУЛЬТАТ КОМПЛЕКСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Поляшенко С.О. к.т.н. доцент, Цвіркун Д.В., Олійник О.П., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено результати комплексної оптимізації децентралізованої системи електропостачання з урахуванням виробничого навантаження на базі об'єктів агропромислового комплексу. За отриманими результатами зроблено висновок щодо можливості застосування об'єктів агропромислового комплексу для вирішення задачі соціально-економічного розвитку віддалених населених пунктів у рамках вирішення задачі комплексної оптимізації.

На території України є велика кількість децентралізованих систем електропостачання (ДСЕП). ДСЕП в Україні передбачають розвиток локальних джерел енергії, таких як відновлювані джерела енергії (ВДЕ) (сонце, вітер) та

малі ТЕС/ТЕЦ, для зменшення залежності від великих централізованих станцій. Цей напрямок є стратегічним для підвищення енергетичної безпеки, особливо в умовах війни, і регулюється такими органами, як Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг та Міністерством енергетики України.

Основним генеруючим обладнанням для ДСЕП є дизельні електростанції (ДЕС). Для ДЕС властиві низький ККД, низька надійність, висока вартість дизельного палива, тривалість транспортування дизельного палива. Перераховані вище властивості призводять до високої вартості кВт·год, виробленого ДЕС [1]. Досвід дослідницьких колективів показує, що комбіноване застосування ВДЕ та накопичувачів енергії в ДСЕП є економічно ефективним способом енергозабезпечення споживачів [2–3]. Основні завдання, що виникають при комбінованому застосуванні ВДЕ та накопичувачів енергії, мають оптимізаційний характер. Комплексна оптимізація ДСЕП дозволяє знайти встановлені потужності ВДЕ, накопичувачів енергії та допоміжного обладнання. Облік виробничого навантаження у рамках вирішення завдання комплексної оптимізації ДСЕП, які використовують ВДЕ та накопичувачі енергії, дає можливість розглядати питання соціально-економічного розвитку (СЕР) віддалених населених пунктів. При розгляді питань СЕР віддалених населених пунктів особливу увагу необхідно приділяти проектам малих та середніх виробничих підприємств, націлених на задоволення локального (районного) попиту на сільськогосподарську, рибопереробну та лісову продукцію [4]. Об'єкти агропромислового комплексу (АПК) потенційно можуть використовуватися для вирішення задачі СЕР віддалених населених пунктів.

Ціль роботи – продемонструвати вплив об'єктів АПК на результат комплексної оптимізації ДСЕП, яка використовує ВДЕ та накопичувачі енергії.

Математична модель ДСЕП складається з наступних елементів: генерація, акумулювання, перетворення та передача електроенергії.

На рис. 1 представлено загальний вигляд моделі ДСЕП, яка використовує ВДЕ та акумуляторні батареї (АБ).

Згідно з отриманими результатами, введення виробничого навантаження суттєво впливає на результат комплексної оптимізації. Слід зазначити, що зменшення значення вартості виробленого кВт·год спостерігається лише за введення в експлуатацію об'єктів АПК. Отже, об'єкти АПК можна розглядати для вирішення завдань СЕР віддалених населених пунктів, які використовують як основне генеруюче обладнання ВДЕ.

Варто зазначити, що різним територіям притаманний індивідуальний розподіл відновлюваних енергоресурсів, отже завдання комплексної оптимізації з урахуванням виробничих потужностей АПК необхідно розглядати для кожної ДСЕП індивідуально.

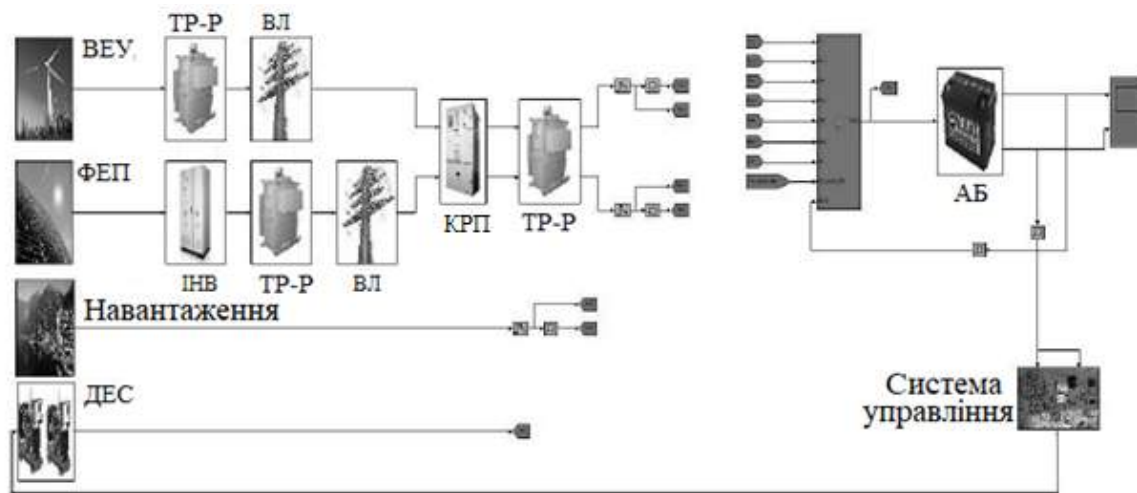


Рис. 1. Загальний вигляд моделі ДСЕП, що використовує ВДЕ та АБ: ВЕУ, ФЕП, Навантаження, ДЕС, ТР-Р, ІНВ, ПЛ, КРУ, АБ, Система управління – блок розрахунку вітроенергетичних установок, фотоелектричних перетворювачів, навантаження, дизельної електростанції, трансформаторів, інверторів, повітряних ліній, комплектних розподільчих пристроїв, акумуляторні батареї

Список використаних джерел

1. Карамов Д.Н. Актуальность применения возобновляемых источников энергии в децентрализованных населенных пунктах России на примере Ленского района Республики Саха (Якутия) // Вестник ИрГТУ. – 2013. – №11 (82). – С. 279–283.
2. Rodolfo Dufo-López, José L. Bernal-Agustín. Multi-objective optimization minimizing cost and life cycle emissions of stand-alone PV–wind–diesel systems with batteries storage // Applied Energy. – 2011. – V. 88. – P. 4033–4041.
3. Dekker J., Nthontho M., Chowdhury S. Economic analysis of PV/diesel hybrid power systems in different climatic zones of South Africa // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2012. – V. 40. – № 1. – P. 104–112.
4. Поляшенко С.О. Перспективи енергозбереження в сільському господарстві // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Альтернативні джерела енергії, енерго-збереження та екологічні аспекти в аграрному секторі». – Харків: ХНТУСГ, 2021. – 68 с.

УДК 621.311

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ВІТРО-ДИЗЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕНЕРГОВИДАЛЕНИХ ПОСЕЛЕНЬ

Поляшенко С.О. к.т.н. доцент, Олійник О.П., Цвіркун Д.В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Обґрунтування ефективності застосування комбінованих джерел енергії на основі дизель-генераторних та вітрових енергетичних установок під час проектування та реконструкції локальних систем електропостачання енерговидалених об'єктів. Наведено основні етапи проектування вітро-дизельної електростанції та методику оцінки ефективності її спорудження.

В даний час в Україні у районах із розвиненою електроенергетичною системою існує велика кількість невеликих ізольованих систем електропостачання малої потужності [1]. Електропостачання енерговидалених споживачів або споживачів, приєднання яких до централізованої електричної мережі неможливе (через дефіцит потужності, через особливості рельєфу та ін.), здійснюється від автономних джерел енергії, зазвичай, від дизельних електростанцій (ДЕС). До основних переваг ДЕС відносять високу продуктивність, надійність, компактність, різноманітність їх модифікацій та типів виконань. Проте ДЕС мають серйозні недоліки: висока вартість дизельного палива, часто труднощі і перебої в доставці палива, необхідність постійної дозаправки, високий рівень шуму, шкідливі викиди. Комбіноване використання ДЕС із відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) є вирішенням проблем високої вартості палива та екологічної безпеки. Для районів з високими швидкостями вітру (більше 5 м/с) найбільш перспективним варіантом комбінування джерел енергії є вітро-дизельна електростанція (ВДЕС). При цьому ДЕС забезпечує гарантоване живлення електроспоживачів, а вітроенергетична установка (ВЕУ) дозволяє скоротити витрати на паливо та знизити шкідливі викиди у навколишнє середовище. Проте інвестори не поспішають вкладати гроші у спорудження ВДЕС, оскільки технології відновлюваної енергетики вважаються дорогими за низької ефективності.

Мета проведених досліджень полягає в обґрунтуванні економічної ефективності застосування ВДЕС у локальних системах електропостачання енерговидалених об'єктів. Доцільність використання ВЕУ визначається двома основними факторами: потенціалом вітрової енергії місцевості розташування об'єкта та графіком електричної навантаження об'єкта.

Оцінка потенціалу вітрової енергії полягає у аналізі даних швидкостей вітру. Аналізується середня швидкість вітру; її зміни протягом доби, місяця, року; визначаються максимальна та мінімальна швидкості вітру; розраховуються частота змін швидкості вітру та повторюваність градацій швидкості вітру. Отримані дані будуть використані для визначення виробляємої потужності ВЕУ. Ключовими параметрами під час виборів ВЕУ є: потужність; стартова швидкість вітру, при якій починає обертатися турбіна; вартість та тип генератора. Вартість

ВЕУ безпосередньо пов'язана з її потужністю. Зі збільшенням потужності, як правило, збільшуються початкова, номінальна, робоча та гранична швидкості вітру. Розмір початкової швидкості вітру накладає обмеження на вибір ВЕУ у місцях з невеликою та нестабільною швидкістю вітру (наприклад, де швидкість вітру носить сезонний характер або у певний тривалий час відсутня).

Для сполучення ВЕУ та ДЕС обрано схему зі вставкою постійного струму рис. 1.

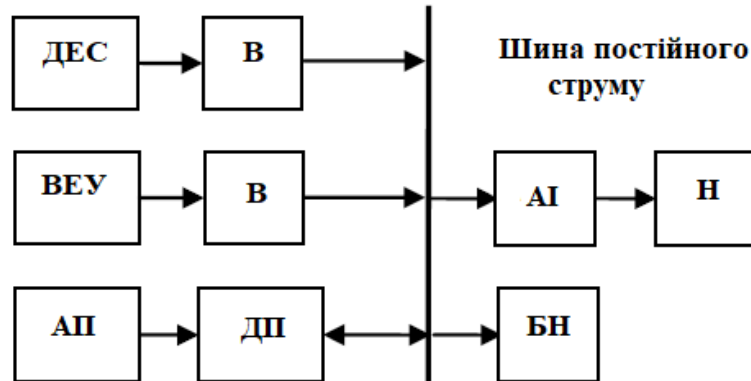


Рис. 1. Структурна схема ВДЕС із шиною постійного струму:

АІ – автономний інвертор; АП – акумуляуючий пристрій;

БН – баластне навантаження; В – випрямляч;

ДП – двонаправлений перетворювач; Н – навантаження

Перевагою обраної схеми є поліпшення якості електроенергії завдяки застосуванню постійного струму шини. Також у схемі не потрібно синхронізувати різні джерела енергії, що може дозволити нарощувати або зменшувати встановлену потужність енергетичного комплексу за принципом модульності. Однак використання схеми ускладнює конструкцію (потрібна установка випрямлячів та інвертора), що збільшує вартість енергетичного комплексу та ускладнює систему управління. Вибір типу енергоустановок заснований на порівняльному аналізі характеристик кількох моделей фірм-виробників, виробництва яких розташовано найбільше близько до об'єкта дослідження.

Недисконтований термін окупності становить 2 роки, дисконтований – 3 роки. Таким чином, доводиться висока ефективність проекту, в якому інвестиції окупаються вже на третій рік експлуатації ВДЕС. Враховуючи, що термін служби основного обладнання ВДЕС становить 20 років, проект гарантує кінцеву окупність інвестицій після закінчення терміну його реалізації.

Виконано порівняльний аналіз собівартості 1 кВт·год. електроенергії при існуючому варіанті електропостачання (тільки від ДЕС) та при спорудженні ВДЕС. Економічна оцінка показала, що проект ефективний і дозволяє знизити кількість споживаного ДЕС палива на 225 727,49 л на рік. Внаслідок цього знижується собівартість 1 кВт·год. електроенергії на 42 %

Список використаних джерел

1. Ермоленко, Г.В. Оптимизация схем децентрализованного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников и накопителей энергии / Г.В. Ермоленко, Б.В. Ермоленко, Ю.А. Фетисова // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 12. С. 11–19.
2. Соснина, Е.Н. Исследование устойчивости электротехнических комплексов с ветродизельными электростанциями / Е.Н. Соснина [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015. № 1 (108). С. 203–208.
3. Поляшенко С.О. Перспективи енергозбереження в сільському господарстві // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Альтернативні джерела енергії, енерго-збереження та екологічні аспекти в аграрному секторі». – Харків: ХНТУСГ, 2021. – 68 с.

УДК 621.311

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ОБЛАДНАННЯ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Поляшенко С.О. к.т.н. доцент, Цвіркун Д.В., Олійник О.П. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Запропоновано методикку інтеграції процесу категоризації електрохімічних накопичувачів енергії у завдання оптимізації складу обладнання автономних систем електропостачання, що використовують відновлювані джерела та накопичувачі енергії.

Протягом останнього десятиліття світовий досвід показує, що комбіноване використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) спільно з традиційними енергетичними установками та електрохімічними накопичувачами електричної енергії є економічно ефективним способом енергозабезпечення споживачів в автономних системах електропостачання (АСЕП) [1, 2]. При цьому особливу значимість і велике поширення ВДЕ набули при електрифікації важкодоступних регіонів світу, які не мають зв'язку з традиційними централізованими енергетичними системами.

Варто зазначити, що одним із головних завдань при використанні ВДЕ та електрохімічних накопичувачів енергії в АСЕП є завдання, які відповідають за знаходження оптимальних технологій, виробництва, передачі, трансформації та акумулювання енергії з подальшим визначенням необхідних значень встановлених потужностей основного генеруючого обладнання, елементів електричної, розподільної мережі та сумарної ємності накопичувачів енергії [3, 4]. Таким чином, завдання оптимізації дозволяють визначити такий склад обладнання, при якому досягаються мінімальні цільові значення функції, як правило, представлена нормованою вартістю електроенергії (levelized cost of

electricity – LCOE) [4, 5]. LCOE – добре зарекомендувала себе при вирішенні задачі оптимізації складу обладнання та реалізована у багатьох програмно-обчислювальних комплексах (ПОК), що мають велике поширення як з наукового, і практичного погляду.

Запропоновано методику інтеграції процесу категоризації електрохімічних накопичувачів енергії у завдання оптимізації складу обладнання автономних систем електропостачання, що використовують відновлювані джерела та накопичувачі енергії. Представлена методика послідовно побудована на положеннях теорії систем з використанням загальновідомих математичних моделей, що дозволяють моделювати основні режимні параметри автономних систем електропостачання з відновлюваними джерелами та електрохімічними накопичувачами енергії. Використовуються актинометричні, вітроенергетичні та інші природнокліматичні показники, отримані в результаті обробки багаторічних метеорологічних рядів.

Наведено результати дослідження трьох автономних енергетичних комплексів, що використовують відновлювані джерела та накопичувачі енергії. За підсумками дослідження було отримано результати, що характеризують залежність між складом генеруючого обладнання та сумарною встановленою ємністю акумуляуючої ланки. Проведено детальний аналіз отриманих результатів з відповідними висновками, візуалізацією та висновками щодо ступеня їх достовірності та можливості використання в оптимізаційних дослідженнях автономних енергетичних комплексів, які використовують відновлювані джерела та накопичувачі енергії.

Зроблено графо-аналітичний аналіз структури АСЕП, де отриманий результат дозволяє зробити висновок про важливе значення акумуляторних батарей (АБ), які виступають у ролі стабілізуючого елемента автономної енергетичної системи. Представлено математичний опис знако-змінної функції потужності системи з розбивкою на позитивну та негативну зони, що характеризують процеси заряду та розряду АБ щодо кожного тимчасового інтервалу із дотриманням ряду експлуатаційно-технічних обмежень. Описано основні процеси деградації активної маси АБ, що виникають у різних типах електрохімічних накопичувачів енергії. Наведено процес категоризації АБ в залежності від умов експлуатації з описом основних розрахункових коефіцієнтів з подальшою побудовою шести типових діаграм категорій АБ.

Запропоновано методику інтеграції процесу категоризації АБ до завдань оптимізації складу обладнання, що використовує ВДЕ та АБ. В рамках даної методики було запропоновано моделювати АСЕП для умов типової АБ з визначенням основних режимних показників системи для всього періоду років метеорологічних спостережень з подальшим визначенням чисельних значень розрахункових оцінок, які відповідають за номер категорії АБ. Надалі отримані технічні рішення та типи електрохімічних накопичувачів енергії використовуються для визначення показника цільової функції LCOE (крб/кВт·год), де мінімальне значення нормованої вартості електричної енергії буде оптимальним рішенням при даних умов.

Список використаних джерел

1. Cristbal_Monreal I.R., Dufo_Lopez R. Optimisation of photovoltaic_diesel_battery stand_alone systems minimising system weight // Energy Conversion and Management. – 2014. – V. 29. – P. 151–157.
2. Li F.F., Qiu J. Multi_objective optimization for integrated hydrophotovoltaic power system // Applied Energy. – 2016. – V. 167. – P. 377–384.
3. Branker K., Pathak M.J.M., Pearce J.M. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – V. 15. – P. 4470–4482.
4. Calculation of levelized costs of electricity for various electrical energy storage systems / M. Obi, S.M. Jensen, J.B. Ferris, R.B. Bass // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – V. 67. – P. 908–920.
5. Карамов Д.Н. Оптимизация состава оборудования автономных энергетических комплексов, использующих возобновляемые источники и накопители энергии: дис. ... канд. техн. наук. – Иркутск, 2016. – 152 с.
6. Поляшенко С.О. Перспективи енергозбереження в сільському господарстві // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Альтернативні джерела енергії, енерго-збереження та екологічні аспекти в аграрному секторі». – Харків: ХНТУСГ, 2021. – 68 с.

УДК 621.31

ПІДВИЩЕННЯ ЗАПАСУ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА БАЗІ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Поляшенко С.О. к.т.н. доцент, Олійник О.П., Цвіркун Д.В. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто принцип стабілізації швидкості обертання з використанням магнітної трансмісії, яка являє собою пружний зв'язок між турбіною вітроенергетичної установки та синхронним генератором з постійними магнітами.

Вітроенергетика зараз є одним із найбільш динамічно розвиваючихся напрямів альтернативної енергетики у світі. Щорічно встановлена потужність вітроенергетичних установок (ВЕУ) збільшується загалом на 25 %. Електричний генератор та його трансмісія є серцем вітроенергетичної системи. Існують дві базові концепції побудови вітрових турбін. Перша є класичною редукторною системою на базі асинхронної машини подвійного живлення або синхронної машини із постійними магнітами. Друга – концепція прямого приводу синхронної багатополусної машини із постійними магнітами. До переваг редукторної концепції можна віднести порівняльну дешевизну. Але до недоліків – значні втрати механічної енергії в генераторі та в трансмісії. Більше того, практика експлуатації механічних редукторів показала високий рівень їх зносу

при перевантаженнях і при ударних навантаженнях від вітрової турбіни [1, 2]. Тому часте зношування та пошкодження механічних редукторів пов'язане зі значними експлуатаційними витратами обслуговування. Слід зазначити, що наявність мастильних матеріалів усередині редуктора є однією з основних причини займання гондоли вітроенергетичної установки [3]. До переваг концепції прямого приводу можна віднести високу енергетичну ефективність. Але, на жаль, великі габарити і маса роблять це компонування дорогою.

Особливістю малої генерації є використання синхронних машин із постійними магнітами, де немає технічних засобів впливу на вихідну напругу електричного генератора при перехідних процесах у локальній енергетичній системі, тобто відсутнє автоматичне регулювання збудження.

Одним із способів зниження встановленої потужності регулюючого обладнання є застосування магнітної трансмісії, яка включає магнітний редуктор з феромагнітними сегментами, необхідний для забезпечення фіксованого передатного відношення, і інтегрований з редуктором додатковий двигун. При цьому порівняно з класичною системою планетарний механічний редуктор заміщається на магнітну трансмісію з традиційним векторним керуванням (рис. 1). Магнітний редуктор є пристроєм для перетворення швидкості турбіни на синхронну швидкість електричного генератора.

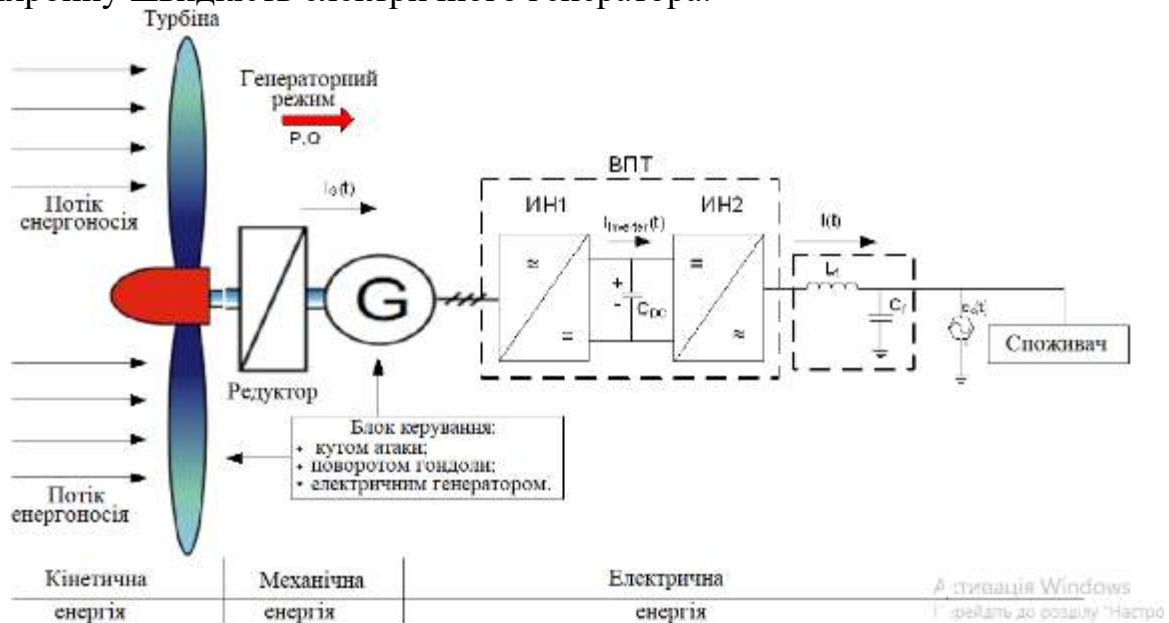


Рис.1. Узагальнена структурна схема заміщення класичної редукторної вітроенергетичної установки

Запропоновано схему, що складається з магнітних варіаторів та системи управління для стабілізації швидкості обертання вихідного ротора магнітного варіатора, приєднаного до генератора. Це дозволило підвищити динамічну стійкість при перехідних процесах у локальній енергетичній системі. Чисельні розрахунки при різкому зміні навантаження на 40% показали відновлення паралельної роботи синхронних генераторів із постійними магнітами через 10 с. Таким чином, досліджено підхід до сполучення генератора вітроенергетичної

установки та магнітного варіатора у складі з автономною енергетичною системи без використання інвертора в силовій частини ланцюга.

Список використаних джерел

1. Fishov A.G., Klavsuts D.A., Klavsuts I.L. Multi-agent regulation of voltage in smart grid system with the use of distributed generation and customers // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – V. 698: Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 761–767.
2. Cheban V.M., Tolkatsky R.A. Applying of the stator rotation to increase controllability of AC electrical machines // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – V. 698: Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 155–159.
3. Удалов С.Н., Манусов В.З. Моделирование ветроэнергетических установок и управление ими на основе нечеткой логики: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 200 с.
4. Поляшенко С.О. Перспективи енергозбереження в сільському господарстві // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Альтернативні джерела енергії, енерго-збереження та екологічні аспекти в аграрному секторі». – Харків: ХНТУСГ, 2021. – 68 с.

УДК 921.1

СОНЯЧНІ КОНЦЕНТРАТОРИ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Отцович В.С., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Сонячні концентратори дозволяють значно підвищити енергоефективність та стабільність відновлюваних джерел енергії. На відміну від звичайних фотогоальванічних панелей, CSP здатні накопичувати тепло і виробляти електроенергію цілодобово. Це робить технологію особливо перспективною для промислових електростанцій та регіонів з великою сонячною радіацією, де важлива постійна подача енергії.

Сонячні концентратори (Concentrating Solar Power, CSP) — це технологія, яка фокусує сонячне світло на невелику площу для отримання тепла і виробництва електроенергії. У світі такі станції успішно працюють у США (Ivanpah, Mojave), Іспанії (Andasol, Gemasolar), ОАЕ (Noor Abu Dhabi) та Китаї (Dunhuang, Gansu). Завдяки використанню теплових накопичувачів, таких як розплавлена сіль, CSP-станції можуть виробляти електроенергію навіть уночі або при хмарній погоді, що робить їх ефективним доповненням до традиційних сонячних панелей.

В Україні також реалізуються пілотні проекти CSP у сонячних регіонах, зокрема в Херсонській і Одеській областях, де досліджується використання параболічних колекторів для виробництва електроенергії та тепла для

промислових і сільськогосподарських потреб. Ці проекти демонструють потенціал CSP у поєднанні з існуючими сонячними панелями.



Рис. 1. Сонячні концентратори

Головні частини концентратора

1. Геліостати (дзеркала) — відстежують рух Сонця і фокусують промені на приймач.
2. Вежа-приймач або трубчастий абсорбер — накопичує тепло у теплоносії (розплавлена сіль, вода або олія).
3. Теплоносії і накопичувач енергії — дозволяє зберігати енергію для генерації електроенергії у будь-який час.
4. Турбіна і генератор — перетворюють тепло на електроенергію.
5. Конструкційні елементи — каркаси, опори, механізми слідкування за Сонцем.

Переваги та недоліки

Переваги:

- Цілодобова генерація завдяки накопиченню тепла.
- Можливість масштабування для промислових обсягів.
- Сумісність із наявними енергомережами.

Недоліки:

- Високі початкові витрати на будівництво та обслуговування.
- Потреба у великих площах.
- Пил, вітер та екстремальні погодні умови в пустельних регіонах.

Екологічність

- CSP використовує сонячну енергію, що зменшує викиди CO₂.
- Не потребує викопного палива для виробництва електроенергії.
- Використання розплавленої солі та інших теплоносіїв мінімально впливає на навколишнє середовище, при правильній експлуатації.
- Масштабні установки можуть впливати на місцеву флору та фауну, але ці ефекти контролюються плануванням і відновленням території.

Висновок

Сонячні концентратори є перспективною технологією відновлюваної енергетики, здатною забезпечити стабільну, цілодобову генерацію електроенергії. Вони доповнюють традиційні сонячні панелі, підвищують енергоефективність і дозволяють ефективно використовувати великі площі у сонячних регіонах світу. Світовий досвід демонструє, що інвестування в CSP-технології сприяє розвитку “зеленої” енергетики та енергетичній незалежності.

Список використаних джерел

1. SolarPACES – CSP Projects Around the World <https://www.solarpaces.org/worldwide-csp/csp-projects-around-the-world/>
2. NREL (National Renewable Energy Laboratory) – CSP Research <https://www.nrel.gov/csp/research.html>
3. REN21 – Global Status Report, CSP Section https://www.ren21.net/gsr-2024/modules/energy_supply/02_market_and_industry_trends/02_csp/
4. China Daily / Dunhuang CSP Plant <https://www.chinadaily.com.cn/a/201901/08/5c3408aba310686029defe29.html>
5. «Розробка фасетного концентратора для комбінованої фотоенергетичної установки» / В. О. Нікітін, Р. В. Зайцев, Т. І. Храмова, А. Л. Хрипунова (2022) — <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/61317> repository.kpi.kharkov.ua
6. «Дослідження конструкції концентратору сонячного випромінювання для автономних фотоенергетичних установок» / М. В. Кіріченко, В. О. Нікітін, Р. В. Зайцев та ін. (2022) — <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/62869> repository.kpi.kharkov.ua+1
7. «Аналіз теплових процесів в теплообмінній установці комбінованої фотоелектричної установки з концентрацією сонячної радіації» / Г. С. Хрипунов, В. О. Нікітін, А. В. Меріуц та ін. (2024) — https://jnep.sumdu.edu.ua/uk/full_article/3941

УДК 921.1

ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Мясоєдов Д.А., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Зростаюча світова потреба в енергії та нагальна необхідність боротьби зі зміною клімату вимагають швидкого переходу від викопного палива до сталих, чистих джерел. У цьому контексті вітрова енергетика посідає провідне місце як одне з найбільш зрілих, масштабованих і економічно вигідних альтернативних рішень.

На глобальному рівні вітрові електростанції (ВЕС) відіграють ключову роль у декарбонізації енергетичних систем, забезпечуючи нульові викиди вуглецю під час експлуатації та сприяючи енергетичній безпеці країн. Завдяки

технологічному прогресу (збільшення розмірів турбін, підвищення їхньої ефективності та зниження вартості) вітер стає конкурентоспроможним навіть порівняно з традиційними джерелами.

Для України розвиток вітроенергетики має подвійне значення: це не лише слідування світовим екологічним трендам, а й стратегічний шлях до зміцнення енергетичної незалежності та підвищення стійкості енергосистеми. Використання значного вітрового потенціалу, особливо в південних та прибережних регіонах, є критично важливим для відновлення енергетичної інфраструктури та інтеграції країни у європейський енергетичний простір.

Вітрова енергетика — це галузь відновлюваної енергетики, яка використовує кінетичну енергію вітру для перетворення її на електричну енергію за допомогою вітрових турбін. Ця енергія є екологічно чистою, невичерпною та може генеруватися як на суші, так і в морі.

Актуальність та доцільність:

- Актуальність зумовлена боротьбою зі зміною клімату та потребою в декарбонізації через нульові викиди вуглекислого газу
- Доцільність використання невичерпного та відновлюваного джерела — кінетичної енергії вітру.
- Вітрова енергетика є конкурентоспроможною завдяки зниженню LCOE (собівартості енергії) та технологічному розвитку
- Зміцнює національну енергетичну стійкість та суверенність, зменшуючи залежність від імпортованого палива.
- Сприяє синхронізації енергосистеми України з європейською мережею ENTSO-E.
- Критично важливий елемент для післявоєнного відновлення та децентралізації енергетичної інфраструктури країни.

Досвід України у вітровій енергетиці:

- Потужність до 2022 р.: Встановлена потужність ВЕ в Україні досягла понад 1.7 ГВт.
- Географія: Основна концентрація великих ВЕС була у південних та прибережних регіонах.
- Синхронізація: Досвід ВЕ сприяв успішній синхронізації енергосистеми з ENTSO-E (європейська мережа).
- Втрати: Значна частина активів пошкоджена або втрачена через військові дії.
- Потенціал: Технічний потенціал оцінюється у десятки гігават
- Стратегічний пріоритет: Відновлення, розширення та децентралізація енергосектору.
- Напрямки: Активний розвиток наземної (Onshore) та великий потенціал офшорної (Offshore) ВЕ.

- Майбутнє: Інвестиції у ВЕ є інвестиціями у стійке, суверенне енергетичне майбутнє, що сприяє залученню іноземного капіталу

Переваги та недоліки Вітрової енергетики:

Переваги:

- Екологічна чистота
- Невичерпність
- Екологічні та Соціальні вигоди
- Енергетична Незалежність
- Стає конкурентоспроможною завдяки технологічному прогресу та зниженню вартості

Недоліки:

- Створення робочих місць
- Непостійність генерації: повна залежність від погодних умов
- Економічна складність: Вимагає резервних потужностей (газові станції) або Систем Накопичення Енергії (ESS) для балансування
- Візуальне та шумове забруднення, ризик загибелі птахів/кажанів, проблема утилізації лопатей з композитних матеріалів
- Утилізація лопастей

Висновки

Вітрова енергетика довела свою ефективність і надійність, ставши наріжним каменем глобального енергетичного переходу. Вона пропонує чітке та економічно вигідне рішення для зниження залежності від нестабільних ринків викопного палива та мінімізації впливу енергетичного сектору на навколишнє середовище.

Для світу подальший розвиток технологій, зокрема офшорної вітроенергетики, обіцяє невичерпний потенціал для забезпечення мільярдів людей чистою енергією.

Для України, зважаючи на її географічне розташування та необхідність післявоєнного відновлення, інвестиції у вітроенергетику є інвестиціями у стійке, децентралізоване та суверенне енергетичне майбутнє. Активний розвиток цього сектору не лише допоможе досягти кліматичних цілей, а й створить нові робочі місця, залучить іноземні технології та капітал, перетворюючи країну на одного з лідерів зеленої енергетики у Східній Європі. Вітер — це не просто джерело енергії, це ключовий елемент національної стійкості та процвітання.

Список використаних джерел:

1. <https://usain.ua/blog/wind-rotors/>
2. <https://studfile.net/preview/7220739/page:13/>
3. <https://alterair.ua/stati/vetrogeneratoriyi/>
4. <https://eco-volt.com.ua/blog/vitroheneratory-z-vertykalnoyu-vissyu-obertannya>

УДК 921.1

ПЕРСПЕКТИВИ ВУГІЛЛЯ ЯК ПАЛИВА У СУЧАСНИХ РЕАЛІЯХ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Накраплений О.Г. здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Використання вугілля у 2024 році досягло рекордно високого рівня, попри зусилля з переходу на чисту енергію. Обсяг вугілля у виробництві електроенергії знизився на тлі стрімкого розвитку відновлювальних джерел енергії. Однак попри це загальне зростання попиту на електроенергію призвів до збільшення використання вугілля загалом, мовиться у щорічній доповіді про стан клімату. Це поставило під загрозу намагання світу контролювати глобальне потепління.

Якщо до 2050 року світ повинен досягти нульового рівня викидів вуглецю, щоб обмежити глобальне потепління до 1,5°C понад доіндустріального рівня, як це передбачено в Паризькій угоді щодо клімату, то більшій кількості секторів необхідно використовувати електроенергію замість нафти, газу або інших видів викопного палива. Але це спрацює лише у тому випадку, якщо світове електропостачання буде переведено на низьковуглецеву основу.

Хоча більшість урядів, як передбачається, прагнуть “поступово скоротити” використання вугілля після прийняття зобов’язання в 2021 році, деякі продовжують використовувати цей вид палива, що найбільш забруднює довкілля.

Гарна новина полягає в тому, що виробництво відновлюваної енергії зростає “експоненційно”, відповідно до звіту, в якому сонячна енергія визнана “найшвидше зростаючим джерелом енергії в історії”.

Екоаналітики повідомили про те, що за перше півріччя 2025 року генерація вітрової та сонячної енергії перевищила обсяги, отримані від спалювання вугілля. Як пише The Guardian, вчені називають це історичним моментом. Порівняно з попереднім роком, людство отримало на третину більше сонячної енергії та додало 7% до попередніх показників щодо вітрової генерації. При цьому використання викопного палива знизилося.

Однак цього ще недостатньо: щоб до кінця цього десятиліття досягти необхідного рівня скорочення викидів, щорічні темпи зростання сонячної та вітрової енергетики мають подвоїтися.

Світ надто повільно просувається до підвищення енергоефективності, зокрема до скорочення викидів вуглецю при опаленні будівель. Промислові викиди також викликають занепокоєння: сталеливарна промисловість збільшує свою “вуглецеву місткість” — кількість вуглецю, що виділяється під час виробництва кожної одиниці сталі, — попри спроби деяких країн перейти на низьковуглецеві технології.

Електрифікація автомобільного транспорту йде швидше: понад одна п’ята нових проданих автомобілів минулого року були електричними. У Китаї ця частка наближалася до половини.

Також пролунало попередження про стан світових “поглиначів вуглецю” — лісів, торфовищ, водно-болотних угідь, океанів та інших природних об’єктів, що зберігають вуглець.

Загалом сучасний стан вугільної промисловості України можна охарактеризувати як дуже складний. Не кращими є справи і з проблемою розвитку галузі. Проте головною (і на це, на нашу думку, не зверталось достатньої уваги) залишається проблема стану шахтного фонду. Шахти ще більше постаріють і через 20—30 років перетворяться на дуже складні підприємства, які працюватимуть з низькою ефективністю і ще більш складними умовами праці.

Для збереження (не кажучи вже — розвитку) вугільної галузі потрібні реконструкція підприємств із відносно сприятливими гірсько-геологічними умовами і будівництво нових шахт.

Таке положення примушує зробити висновок про недоцільність розвитку і збереження вугільної промисловості України на віддалену перспективу.

Висновок

В сучасному світі спостерігається перехід на низьковуглецеві природні ресурси, все більше і більше урядів приймають стратегії пом’якшення наслідків зміни клімату та виділяють більше коштів для проєктів з відновлюваних джерел енергії в глобальному масштабі, очікується, що у найближчі десятиліття виробництво та споживання вугілля скоротяться, тому що вугілля є найбільшим джерелом викидів вуглекислого газу, головним джерелом забруднення повітря.

Список використаних джерел:

1. https://lb.ua/world/2025/10/07/700237_vidnovlyuvana_energiya_sviti_vpershe.html
2. <http://energetika.in.ua/ua/books/book-1/part-2/section-7/7-6>
3. <https://bukvy.org/vykorystannya-vugillya-u-sviti-dosyaglo-rekordnogo-rivnya-u-2024-rotsi/>
4. <https://cikavosti.com/y-ievropi-sposterigaietsia-tendenciia-do-znijennia-vidobytky-i-vikoristannia-vygillia/>
5. https://24tv.ua/economy/energetika-zalezha-vid-vikopnogo-paliva-rekord-vikoristannia_n2591522

УДК 62-835

ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ТЯГОВІ ПРИВОДИ АТЗ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Титаренко С.О., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Актуальність гібридизації транспортних засобів та мобільних установок обумовлено тим, що чисті електромобілі поки що не можуть повною мірою конкурувати зі звичайними автомобілями на ДВЗ через високу вартість та великої питомої ваги хімічних джерел автономного електропостачання. Тому

на цьому перехідному етапі на передній план виходять гібридні автомобілі, які більш екологічні та економічні, особливо у міському циклі. Різноманітність гібридних силових установок для транспортних засобів потребує ретельного аналізу та систематизації з метою забезпечення можливості вибору залежно від спеціалізації автомобіля.

Зазвичай, привод класичного гібридного автомобіля складається з ДВЗ, електричної машини та накопичувача енергії – електричного чи механічного. Головна перевага гібридних автомобілів – це економія палива та скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу. При гальмуваннях гібридного автомобіля його кінетична енергія не втрачається, як у звичайному автомобілі, а повертається, з урахуванням втрат, накопичувач енергії для подальшого використання. Гібридні автомобілі дозволяють з меншими витратами виконувати вимоги екологічних норм "Євро-4", "Євро-5" і навіть жорсткіших норм, дозволяють знизити витрату палива до 40%, викиди токсичних речовин на 35...50%, знос гальм до 70%. У процесі рекуперації енергії гальмування зменшується необхідна потужність гальм, рекуперативне гальмування гранично знижує прослизання коліс, підвищує безпеку руху, знижує зношування шин і дорожнього покриття, а також зменшує викиди в атмосферу продуктів цього зношування. Ефект рекуперації енергії гальмування автомобіля буде тим вищим, чим більше розгонів і гальмування робить автомобіль на одиницю пройденого шляху, тобто у міському режимі роботи. Застосування рекуперативної системи гальмування найбільше ефективно для важких машин, що працюють у циклічних режимах і насамперед для міських маршрутних автобусів.

Перевага гібридного автомобіля полягає у можливості використання кінетичної енергії гальмування АТЗ, а й у забезпеченні можливості роботи ДВЗ в оптимальному режимі: максимальний ККД, мінімум токсичних викидів, тобто. у створенні умов його роботи у найбільш економічних режимах, отже із меншим забрудненням атмосфери. Електричний привід на великовантажному автотранспорті використовують досить давно. У кар'єрному самоскиді БелАЗ-75492 вантажопідйомністю 80т кожне провідне колесо приводиться в обертання власним електродвигуном потужністю 368 кВт. Тягові електродвигуни отримують живлення від генератора потужністю 800 кВт, що обертається дизелем потужністю 1100 к.с. і використовуються як електродинамічні гальма у генераторному режимі, заряджаючи акумуляторні батареї. Від батареї живляться допоміжні електроприводи, інколи ж і тягові двигуни. Така електромеханічна трансмісія економічно виправдана для великовантажних автомобілів, коли використання чисто механічної трансмісії призводить до ускладнення конструкції та підвищення маси АТЗ. Критерієм вибору електромеханічної трансмісії може служити зіставлення, сумарної маси генератора з електродвигунами і маси змінної механічної трансмісії (коробка передач, карданний вал, головна передача тощо).

У легковому автотранспорті реальні зміни почалися на рубежі XX і XXI століть з масовою появою гібридних автомобілів, які склали конкуренцію класичним автомобілям і навіть перевершили їх за деякими показниками. Піонер

сучасного гібридного автомобілебудування компанія «TOYOTA» представила світові в 1997 році перше покоління серійної моделі гібридних автомобілів – «PRIUS» (ДВЗ – 53кВт, електродвигун – 33кВт), витрата палива 4,6л на 100км, максимальна швидкість 160 км/год. У 2000 році випустили друге покоління, а в 2003 році світ побачив третє покоління «TOYOTA PRIUS» (ДВЗ – 90 к.с., електродвигун – 34 кВт), витрата палива 3,9 л на 100км, максимальна швидкість – 180км/год., що випускається на сьогодні. «PRIUS»— це великий сімейний автомобіль, його третє покоління можна порівняти за параметрами з «TOYOTA CAMRI» 2,4 automatic 2003 випуску.

На думку більшості фахівців, гібридний автомобіль – це один із найперспективніших напрямків найближчого майбутнього. Причому на першому місці тут електричні гібридні автомобілі, силова частина яких складається із звичайного ДВЗ, електричної машини та накопичувача енергії (акумуляторів чи суперконденсаторів). Динамічні характеристики гібридних автомобілів, як правило, краще, ніж у звичайних автомобілів, що пояснюється більш сприятливою формою кривої моменту, що крутить, у електричної машини, ніж у ДВЗ. Гібридні автомобілі розрізняються між собою за декількома визначальними показниками, що веде до відмінності їх основних технічних характеристик. Була проведена класифікація гібридних силових установок автомобілів за шістьма основними показниками:

1. За приводною схемою.
2. По співвідношенню потужностей основного та допоміжного двигунів, тобто за рівнем гібридизації.
3. За способом повернення енергії гальмування автомобіля.
4. За типом накопичувача енергії.
5. На кшталт використовуваного ДВЗ.
6. За типом електричної машини, що використовується.
7. За типом трансмісії.

Список використаних джерел

1. Ляшук О.Л., Плекан У.М., Цьонь О.П., Гевко Б.Р. Розвиток технологій гібридних силових установок автомобілів. Центральнуукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.І. С. 139-146.

УДК 62-835

ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Титаренко С.О., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Автомобіль є одним із наймасовіших видів транспорту, виробництво якого інтенсивно розвивається та розширюється, а сам він всебічно удосконалюється, підвищуючи свої споживчі якості.

Традиційному ДВЗ все важче відповідати тим вимогам, які споживач пред'являє до сучасних транспортних засобів: вони мають бути динамічними, мати високу максимальну швидкість і водночас бути економічними та відповідати жорстким нормам екологічних вимог. Середній легковий автомобіль на 100 км шляху витрачає приблизно 8 л палива (32 кВт·год.), а такий самий автомобіль на електричній тязі витрачає тому ж відстані приблизно 15-20 кВт·год. електроенергії, тобто майже вдвічі менше [1]. Це відбувається через те, що потужність встановленого ДВЗ на автомобіль заздалегідь завищена для отримання необхідної максимальної швидкості та динаміки його розгону. ККД двигуна тим вищий, чим більше він завантажений, але такі режими при експлуатації автомобіля трапляються рідко. Найбільш застосовувані режими руху автомобіля вимагають значно менших потужностей. Від завантаженості ДВЗ змінюється його питома витрата палива. Мінімальна питома витрата палива сучасних бензинових двигунів дорівнює 240-250 г/кВт·год., а максимальна становить 700-750 г/кВт·год. [2]. Крім того, зона мінімальної витрати палива розташовується в дуже вузькій області багатопараметрової характеристики, і може бути отриманий при близькій максимальній потужності двигуна, який на практиці використовується вкрай рідко. Тому, якщо автомобіль встановити більш потужний двигун, його паливна економічність обов'язково зменшиться, так як буде недовантажений. Щоб якось зменшити витрату палива, застосовують багатоступінчасту коробку передач (краще варіатор), але вона не дозволяє наблизитися до зони мінімальної питомої витрати палива при малих та середніх навантаженнях. Для цього двигуну, при невисоких потужностях руху, необхідно дати корисне додаткове навантаження, наприклад електричний генератор, який перетворює зайву для даного режиму руху механічну енергію ДВЗ електричну і віддає її в накопичувач (аккумуляторну або конденсаторну батарею). Таким чином, двигуни звичайних автомобілів закладено потенціал, який практично не використовується, необхідно оптимізувати його роботу. Крім того, при розробці транспортних засобів з ГСУ необхідно використовувати ефективне рекуперативне гальмування, що дозволяє знизити витрату палива, підвищити ресурс гальмівної системи і знизити знос шин.

ДВЗ властиві серйозні недоліки: 1) падіння і так низького ККД при роботі з неповним навантаженням, 2) наявність токсичних компонентів у відпрацьованих газах, 3) висока вартість, 4) обмежений ресурс роботи через

безліч тертьових деталей, 5) необхідність стартера для пуску, 6) необхідність маховика 7) через заміну великої кількості розхідників, 8) необхідність балансувати та ізолювати весь двигун для зменшення вібрацій кузова при його роботі; 9) сильний шум; 10) висока ціна палива. Усунути ці недоліки одним лише вдосконаленням конструкції ДВЗ та його систем не вдається. Важливу роль цьому повинні відіграти електричні установки автотранспортних засобів. Їх необхідно використовувати не тільки для швидкого пуску ДВЗ та електропостачання, але й для створення електричної тяги при торканні транспортного засобу з місця та рух, так як у загальмованій електричній машини дуже високий момент на валу, який обмежується тільки можливостями силової електроніки, що живить. ДВЗ має відносно високу паливну ефективність та малий рівень шкідливих викидів в обмеженому діапазоні частот обертання колінчастого валу. Тому його доцільно навантажувати лише після того, як транспортний засіб набере деяку швидкість. Розвитку та вдосконаленню електричних установок автотранспортних засобів багато в чому сприяють зростаючі норми екологічних вимог до відпрацьованих газів.

Транспортні засоби з комбінованою енергоустановкою (КЕУ) – це розробка повних гібридних автомобілів, що забезпечують додатково режими руху на електричній тязі, значне зниження необхідної потужності ДВЗ, роботу ДВЗ у режимі високого ККД, рекуперацію енергії гальмування, режиму старто-стоп, підвищення загального ККД рухової установки. Вони забезпечать плавний перехід до транспортних засобів на електричній тязі – електромобілям.

Автотранспортні засоби з традиційною системою стартерного пуску (ССП) і генераторною установкою (ГУ) не цілком відповідають сучасним тенденціям розвитку екологічно спрямованого автомобілебудування за наступними основними причинами: 1. При негативних температурах навколишнього повітря стартер не завжди забезпечує надійний пуск ДВЗ, і тому використовуються різні засоби та способи полегшення пуску, враховуючи кліматичні умови нашої країни. Дія цих пристроїв, переважно, спрямовано підвищення пускових якостей ДВЗ, а справі поліпшення ефективності функціонування самої системи пуску відчутних успіхів немає. 2. Не використовуються можливості генератора одночасно виконувати дві функції – рекуперувати енергію гальмування та гальмувати автомобіль без ковзання коліс. 3. Будь-яке зниження швидкості автомобіля здійснюється виключно гасінням його кінетичної енергії гальмівною системою, яка невідворотно зношується.

Основна вимога до системи стартерного пуску, що гарантує успішний пуск ДВЗ – це забезпечення мінімальної пускової частоти обертання колінчастого валу $n_{\text{мін}}$ за даних кліматичних умов. Цей параметр визначає пускові якості ДВЗ та підвищується зі зниженням температури навколишнього повітря.

Всі способи та пристрої, призначені для полегшення пуску ДВЗ при негативних температурах навколишнього повітря, можна розділити на два основні види: полегшення пуску підвищенням пускових якостей самого двигуна. Це досягається, в основному тепловим впливом на ДВЗ та його системи: розігрівом масла в картері та зниженням моменту опору обертанню колінчастого

валу; розігрівом охолоджуючої рідини в блоці циліндрів; розігрівом палива в камері згоряння та повітря у впускному трубопроводі свічками розжарювання для покращення умов сумішоутворення та займання паливно-повітряної суміші. Ефективність різних способів та пристроїв для полегшення пуску залежить від типу двигуна, його конструктивних особливостей та умов експлуатації; полегшення пуску ДВЗ за рахунок покращення функціонування самої системи стартерного пуску, що є прийнятним для будь-якого типу двигуна.

Враховуючи вищевикладене, у традиційних автомобілях з ДВЗ необхідно об'єднати стартер та генератор в одну електричну машину – стартер-генераторну установку (СГУ) із підвищеною встановленою потужністю. Тоді відпадають проблеми запуску ДВЗ при низьких температурах.

Зниження швидкості автомобіля здійснюватиметься рекуперативним гальмуванням у генераторному режимі з одночасним поверненням енергії в акумуляторну батарею без використання штатної гальмівної системи, яка використовується в екстрених випадках. Нинішня СГУ, крім рекуперативного гальмування, також набуває додаткових функцій: реалізація режиму старт-стоп завдяки перевантажувальній здатності (і щоб не обтяжувати ДВЗ роботою в неефективних режимах), а також допомогу ДВЗ при перевантаженнях. Автомобілі, оснащені СГУ – це малі гібридні транспортні засоби, тому є мостом для переходу від традиційних автомобілів до повноцінних гібридних транспортних засобів (ГТС). Також СГУ можуть бути потрібні у зв'язку з необхідністю модернізації існуючих серійних моделей автомобілів, що позитивно вплине на екологічну обстановку.

Для підвищення експлуатаційних показників АТЗ та дотримання екологічних вимог необхідно:

1. Розробка та виробництво автомобілів, мобільних засобів з гібридними силовими установками (ГСУ) та на електричній тязі (електромобілів);
2. Удосконалення функціонування електрообладнання (стартера та генератора) традиційних автомобілів з ДВЗ, розробка стартер-генераторних установок (СГУ) та розширення її функціональних можливостей до малих та середніх гібридних установок.

Список використаних джерел

1. Jian Dong, Zuomin Dong, Curran Crawford. Review Of Continuously Variable Transmission Powertrain System For Hybrid Electric Vehicles. Proceedings of the ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2011 November 11-17, 2011, Denver, Colorado, USA. P. 1-11.
2. Ляшук О.Л., Плекан У.М., Цьонь О.П., Гевко Б.Р. Розвиток технологій гібридних силових установок автомобілів. Центральнотукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.І. С. 139-146.

УДК 621.3.04

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Пащенко Є.С., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Актуальність і необхідність застосування електродвигунів замість двигунів внутрішнього згоряння, зрозуміло, можна обґрунтувати різними способами. Одним із найпростіших способів є різниця в коефіцієнті корисної дії (ККД). ДВЗ є менш ефективними, ніж електродвигуни. На даний момент можна побачити на прикладі вантажопідйомних механізмів та важкої техніки, тобто там, де використовуються електродвигуни досить великої потужності задля забезпечення механічного руху.

Головною проблемою використання електротехнічних рішень у транспорті є портативне живлення. Акумуляторні батареї занадто дорогі, щоб використовувати їх набагато частіше, ніж паливо, що згорається.

Незважаючи на те, що проблема забруднення міст досить посилює вимоги до екологічності звичайного автомобільного палива, сучасний світ так і не повністю перейшов до гібридних видів транспорту на 100%.

Обмежена кількість запасів нафти у світі, а особливо в ЄС, і, отже, економічні ризики необхідно розглядати як одні з найважливіших рушійних сил для скорочення залежності від викопного палива та необхідності розробки абсолютно нових альтернативних варіантів і рішень. Для вирішення тих проблем, які виникають в ході різноманітних рекламних стратегій альтернативних видів транспортних засобів, необхідно проаналізувати аналогічну політику області електричного транспорту.

Дослідницька робота в галузі живлення електромобілів є вкрай актуальною на сьогоднішній день. Однак тенденція розвитку показує, що рано чи пізно, але значну частину міського автотранспорту буде перетворено на електротранспорт.

Очевидно, що в даний час ДВЗ практично досягли своєї теоретичної межі з економічності та екологічних показників, і подальше значне поліпшення цих показників навряд чи можливе. Такі показники, як надійність і вартісні показники ДВЗ не мають теоретичної межі, але динаміка їх розвитку досягла такого стану, коли навіть незначне їх поліпшення потребує все більших тимчасових та матеріальних витрат і вже не є економічно доцільним.

У той час як перспективи розвитку та вдосконалення автомобільних електродвигунів та акумуляторів видаються вельми великими, а обсяг ресурсів, необхідних для такого розвитку в даний час мають негативну динаміку. Все це дозволяє впевнено прогнозувати зменшення частки автомобілів у ДВЗ у майбутньому та зростання кількості електромобілів та автомобілів з гібридною силовою установкою.

Сектор гібридних автомобілів зазнав якісних змін. З'являється все більше гібридних автомобілів, в яких ДВЗ перестає бути основним двигуном, і йому все частіше відводиться допоміжна роль. Подібні гібридні автомобілі можуть

заряджати акумулятори від зовнішніх джерел живлення і використання внутрішнього ДВЗ для цієї мети вже не є необхідним.

А цей факт, у свою чергу, дозволяє ряду аналітиків відносити такі автомобілі до «електричних» і враховувати їх у статистичних оглядах саме як електромобілі. Основним стримуючим фактором для розширення сектора електромобілів на даному етапі стає не мала ємність акумулятора, а недостатньо розвинена інфраструктура їхнього використання. Заохочувальні програми для власників електромобілів, прийняті урядами ряду країн і значно нижча вартість експлуатації призвели до того, що більш висока на даному етапі ціна електромобіля вже втрачає значення фактора, що утримує споживача від покупки.

На перше місце, як фактор, що утримує від покупки електромобіля виходять складності з підзарядкою на трасі (недостатня кількість зарядних станцій), істотно більший час зарядки, інфраструктура обслуговування електромобілів, що ще не сформувалася до кінця.

Тим не менш, той факт, що вже узгоджені стандарти зарядного інтерфейсу автомобілів дозволяє сподіватися, що вирішення цих проблем – питання недалекого майбутнього. При оцінці динаміки зростання автомобілів слід брати до уваги, по-перше, той факт, що ця динаміка поки що дуже нерівномірна по країнах світу та регіонах.

Лідери, такі як США чи Китай демонструють вражаюче зростання, тоді як у країнах третього світу і навіть у деяких країнах Євросоюзу (наприклад, Кіпр) електромобіль досі залишається рідкісною екзотикою. По-друге, саме поняття «Електромобіль» ще до кінця не сформувалося, і деякі експерти відносять до електромобілів, як автомобілі тільки з електричним двигуном, так і гібридні автомобілі з можливістю зовнішньої підзарядки. Тоді як інші готові під терміном «електромобілі» розуміти машини з виключно електричною силовою установкою.

Проте незалежно від підходу можна побачити подібну картину експоненційного зростання для будь-якого сектору цього ринку.

Так, за даними EV-volumes, який під терміном «Електрокар» розуміє як чисто електричні автомобілі (BEV), так і гібриди (PHEV), у 2014 році обсяг ринку «електрокарів» (а саме BEV+PHEV) у період з 2014 по 2020 виріс майже в 19 разів. З 170 тис. до 3,2 мільйонів на рік. При цьому середнє щорічне зростання протягом усього періоду становило $50 \pm 10\%$, що говорить про експоненційне зростання.

Список використаних джерел

1. Global EV Outlook 2019. IEA webstore: веб-сайт. URL : <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019> (дата звернення: 05.11.2025).

2. Крючкова В. В., Марченко Ю. В., Гринь С. А. Електромобіль. Його особливості та переваги з точки зору екології. Молодий вчений. 2016. №. 12. С. 44-46.

УДК 631.37

ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ НОРМ ТОКСИЧНОСТІ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Пащенко Є.С., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Для підтримки та покращення екологічної обстановки в усьому світі було запроваджено нові спеціальні екологічні стандарти, які характеризують усі транспортні засоби за кількістю токсичних речовин, викид яких виробляється в атмосферу. Для більш жорстких стандартів контролю за викидами автомобілів, потрібні транспортні засоби, що працюють на альтернативному паливі.

На сьогоднішній день існують такі основні види альтернативних палив:

– Скраплений нафтовий газ.

Скраплений нафтовий газ вже намагалися використовувати як паливо для автомобілів. Наприклад, наприкінці 1990-х років Opel, Volvo, а також ряд інших виробників пропонували його як вибір для своїх двопаливних моделей. Такі автомобілі запускалися на бензині, а потім після прогріву переходили на скраплений нафтовий газ. У континентальній Європі та в інших частинах світу СНГ, або «автогаз», як його часто називають, залишається третім за популярністю видом палива після бензину та дизельного палива. Він виробляє менше шкідливих вихлопних газів, і він вдвічі дешевше, ніж бензин. Однак потрібно враховувати його більшу витрату – рівно вдвічі в порівнянні зі звичайним рідким бензином;

– Водень.

Водень – паливо, якому вже багато десятиліть пророкують велике майбутнє, яке ніяк не хоче наступати. З одного боку, відомо, що з вихлопної труби заправленого воднем автомобіля буде вилітати тільки водяний конденсат, але, з іншого, також добре вивчено, що виділення (виробництво) водню вкрай дорого (дорожче бензину і тим більше газу), до того ж його зберігання вибухонебезпечне, принаймні, в балонах під тиском, а в спеціальних – ще дорожче. Паливний елемент автомобіля працює шляхом поєднання водню з баку з киснем для виробництва електроенергії, на якій працює двигун. Фактично автомобіль має свій власний бортовий генератор, а не тримає електроенергію в батареї;

– Біоетанол.

Біоетанол виходить у процесі переробки рослинної сировини для використання як біопаливо. Отриманий етанол потім змішується з бензином або дизельним паливом для отримання нового типу палива, яке може бути використане в більшості автомобілів з ДВЗ як з невеликими конструкційними змінами, так і без. Кількість біоетанолу, змішаного з викопним паливом, коливається від 10% (E10) до 15% (E85). З екологічної точки зору використання біоетанолу має сенс, оскільки вуглекислий газ, який він виробляє при спалюванні

в двигуні компенсується газами, поглиненими ним під час його виробництва. Недолік – підвищена витрата;

– Скраплений природний газ.

У світі налічується близько 20 мільйонів транспортних засобів, які використовують СПГ (стислий під великим тиском до рідкого стану природний газ). Багато хто з них – автобуси та вантажівки, які працюють у міських умовах, що дозволяє їм звести до мінімуму негативний вплив на довкілля. СПГ на 75% зменшує викиди твердих частинок в атмосферу в порівнянні з дизельним паливом, а також створює менше вуглекислого газу, ніж бензин, і до 90% менше оксиду азоту;

– Біодизель.

Плюсом біодизельного палива можна вважати те, що його одержують із органічних елементів, що відновлюються. Залежно від покоління біодизеля (всього їх три) паливо можуть одержувати з ріпаку та інших сільгоспкультур, з жиромісних відходів та з ліпідів мікроводоростей. Промислове виробництво біодизеля коштує дорожче, ніж отримання дизельного палива з нафти, тому цей вид пального прижився слабо. Плюс до цього біодизель складно назвати нейтральною речовиною – розчинні властивості у нього краще будуть, ніж у звичайного дизеля, тому фільтри потрібно міняти частіше, щоб вони не стали непридатними;

– Пропан.

Важливо відрізнити пропан від скрапленого газу. Пропан можна назвати СПГ, але не весь СПГ складається з пропану. Небагато автомобілів працюють виключно на пропані, і більшість їх використовують його як біопаливо, де вони працюють спочатку на бензині, а потім перемикаються на пропан, щоб зменшити викиди. Оскільки пропан – це газ, йому потрібний більший резервуар для зберігання достатньої кількості. Двигун спалюватиме на 27% більше пропану, щоб досягти тієї ж потужності, що і бензин. Варто також зазначити, що пропан працює якнайкраще в холодних кліматичних умовах.

Для здійснення поліпшення показника економічності двигуна і зниження кількості шкідливих викидів в атмосферу потрібно неодмінно впливати на його робочий процес. Силові агрегати, які використовують газ у вигляді палива, мають значно вищий коефіцієнт корисної дії (ККД), на відміну від агрегатів, що працюють лише на бензиновому паливі. У природного газу найголовнішим компонентом є метан. Октанове число в нього приблизно дорівнює 115-130. За цією характеристикою можна значно збільшити в силовому агрегаті ступінь стиснення. За минулі 10-15 років газові двигуни застосовуються дедалі більше, зокрема, у різних газопоршневих установках, гібридних установках, такі як стаціонарні та транспортні.

Список використаних джерел

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О.Адаменко, В. Височанський, В.Льотко, М. Михайлов. Під ред. докт. техн. наук, проф. В. Льотко. Івано-Франківськ, “Полум’я”, 2000. 225 с.

УДК 629.017

КОМПЛЕКТУВАННЯ ПОСТІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛІВ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА (ЛІНІЯ КОНТРОЛЮ «EURO-SYSTEM»)

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Отцович В.С., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Структура лінії інструментального контролю EURO-SYSTEM має модульний принцип побудови. Це дозволяє комплектувати лінію обладнанням, виходячи з індивідуальних вимог кожного замовника, а також дає можливість легко інтегрувати в систему додаткові стенди та прилади, що дозволяє її пристосувати для діагностики будь-яких типів автотракторної техніки.

Лінією контролю легкових автомобілів є лінія «EURO-SYSTEM» німецької фірми «Maschi-nenbau Haldenwang» («Маха»), яка відповідає вимогам державних стандартів та міжнародному стандарту якості ISO 9001. Лінія комп'ютерної діагностики «EURO-SYSTEM» призначена для проведення інспекційного та контролюючого транспортного інструменту. Дана лінія має повністю комп'ютеризоване управління засобами інструментального контролю і забезпечує точну та неупереджену оцінку технічного стану найважливіших вузлів та агрегатів автомобіля. Система управління діагностичною лінією «EURO-SYSTEM» заснована на базі комп'ютерів із програмним забезпеченням, виконаним у середовищі Windows. Вона здійснює взаємодію з обладнанням за допомогою спеціальних програмованих пристроїв, якими оснащується кожна група приладів, що входять до складу лінії діагностування.

Система управління може виконувати такі функції: керує засобами інструментального контролю; опрацьовує дані вимірювальних приладів; наочно подає дані на екранах моніторів; роздруковує докладні результати діагностики; здійснює взаємодію з віддаленими терміналами (мережеві можливості); формує базу даних; здійснює операції з чіп-картами, які можуть бути використані для зберігання даних про автотранспорт, що пройшов інструментальний контроль.

Поряд із введенням у систему даних інструментального контролю в неї можуть заноситись і дані візуальних спостережень за станом машини.

«EURO-SYSTEM» має величезні мережеві можливості. Діагностичні станції фірми «Маха» легко інтегруються між собою і з базами даних державної служби забезпечення безпеки руху. EURO-SYSTEM дозволяє співробітнику державної служби забезпечення безпеки руху, який проводить технічний огляд, перевіряти автотранспорт на предмет угону в режимі on-line. За допомогою Internet можлива передача інформації, що накопичується в базі даних станції на будь-який зовнішній термінал.

Список використаних джерел

1. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. К.: Вища школа. 2007. 527 с.

УДК 629.017

ТИПОВИЙ СКЛАД КОМПЛЕКТІВ ЗАСОБІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛІВ

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Отцович В.С., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Лінії та комплекси інструментального контролю технічного стану автомобіля є найбільш досконалим вирішенням питання комплексної механізації діагностичних робіт.

Аналіз наявних технологічних розробок, проектів та існуючої виробничо-технологічної бази для виробництва діагностики, технічного обслуговування і поточного ремонту транспортних машин на експлуатаційних підприємствах показує, що вони не повністю відповідають вимогам науково-технічного прогресу.

У багатьох типових проектах і реальних експлуатаційних підприємствах не враховуються такі взаємопов'язані напрями вдосконалення технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту, як централізоване управління виробництвом і застосування засобів діагностування, що забезпечують отримання об'єктивної інформації для центру управління виробництвом.

Сучасні комплекти засобів діагностики дозволяють проводити комплексне діагностування технічного стану автомобіля. Підбір комплекту обладнання здійснюється за ознакою спеціалізації. Комплекти можуть бути орієнтовані як на тип транспортного засобу, так і на задану групу елементів автомобіля.

Комплекти раннього виробництва включають прилад для перевірки бензонасосів, карбюраторний аналізатор, секундомір, акумуляторний пробник, пневмотестер, тяговий автоматизований стенд, наконечник для повітророздаткового шланга, лінійку для перевірки сходження коліс автомобілів, інструмент для технічного обслуговування електрообладнання автомобілів, компресометр, індикатор щільності, газоаналізатор, комбінований прилад, стробоскоп, витратомір, стетоскоп, пристосування для перевірки вільного та робочого ходів педалей гальма та зчеплення, візок.

Обладнання, що входить до комплекту, дозволяє визначати тягові та економічні показники автомобілів, стан циліндро-поршневої групи, газорозподільного механізму, систем запалення та електроустаткування двигуна; тиск у бензопроводі, що розвивається бензонасосом, вміст окису вуглецю у відпрацьованих газах двигуна, тиск повітря в шинах, вільний і робочий ходи педалей гальма і зчеплення.

Список використаних джерел

1. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. К.: Вища школа. 2007. 527 с.

УДК 629.3.017

ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, М'ясоєдов Д.А., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Специфіка використання автомобілів багатоцільового призначення (АБП) в різних сферах діяльності людини багато в чому визначається умовами експлуатації, які відрізняються широким розмаїттям. До факторів, що визначають особливості експлуатації АБП, відносяться природно-кліматичні та дорожньо-грунтові умови і їх сезонні зміни, розвиток дорожньої мережі і ступінь можливого її руйнування, рельєф, рослинний покрив, наявність водних перешкод та ін.

Для ефективного застосування АБП необхідне проведення конструктивних, експлуатаційних та організаційних заходів, спрямованих на зниження впливу негативних факторів природно-кліматичного характеру.

Прохідність АБП, безумовно, є одним з основних експлуатаційних властивостей, що сприяють їх широкому застосуванню. Прохідність АБП забезпечується комплексом конструктивних заходів, виконуваних на стадії їх проектування, а також оптимальним зміною ряду параметрів в процесі експлуатації.

Істотним конструктивним чинником, що визначає здатність руху по бездоріжжю і ступінь прохідності АБП, є конструкція ходової частини автомобіля (підвіска і колісний рушій (КР)).

Прохідність автомобіля по ґрунту, який деформується, залежить від ряду факторів: навантаження на осі автомобіля, типу і розмірів шин, малюнка протектора, збіги колії передніх і задніх коліс. Однак вона завжди тим вище, чим менше тиск, який чиниться колесами на ґрунт, і чим менше внутрішній тиск повітря в шинах.

Одним з ефективних способів зміни параметрів і характеристик КР для підвищення опорної прохідності при русі АБП по опорній поверхні, що деформується (ОПД) є використання системи регулювання тиску повітря в шинах (СРТПШ), конструктивно передбаченої на більшості АБП.

Зниження тиску повітря в шинах до мінімально допустимого для конкретних умов руху сприяє зменшенню опору руху, підвищенню зчіпних властивостей КР.

Таким чином, зміна тиску повітря в шинах підвищує здатність автомобіля до руху в залежності від дорожніх умов, дорожнього покриття, типу ґрунту, природно-кліматичних умов.

Конструктивно передбачені на більшості АБП СРТПШ є централізованими і передбачають встановлення однакового оптимального тиску в шинах всіх коліс в залежності від умов руху. У той же час на АБП застосовуються одинарні

колеса, наслідком чого є однакова ширина колії всіх осей, і при здійсненні прямолінійного руху кожний наступний КР осі рухається слідом попереднього.

Наслідком руху кожного попереднього КР є деформація ґрунту опорної поверхні і зміна його фізико-механічних властивостей, природно, і зміна всіх показників взаємодії КР з ОПД.

При послідовних проходах коліс по утвореному колії з однаковим тиском повітря в шинах виникають нераціональні втрати енергії на кочення коліс і не повністю використовуються тягові можливості.

Отже, застосовувана СРТПШ не в повній мірі дозволяє використовувати можливості руху АМН по ґрунтах з низькою несучою здатністю, в зв'язку з чим представляється необхідним застосування децентралізованого регулювання тиску повітря в шинах АБП, тобто встановлення раціонального тиску повітря в колесах кожної осі в залежності від типу і стану ОПД, по якій здійснюється руху, навантаження, що припадає на колеса і їх розташування в колісній формулі.

Список використаних джерел

1. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: навчальний посібник. К.: Арістей, 2007. 288 с.
2. Біліченко В.В., Добровольський О.Л., Огневий В.О., Смирнов Є.В. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 163 с.
3. Склярів М.В., Нікорчук А. І., Шаповалов О.І. Дослідження прохідності вантажних автомобілів Національної гвардії України з колісною формулою 6×6. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2022. Вип. 1 (39). С. 55-62.
4. Склярів М.В., Шаповалов О.І. Математичне моделювання руху по деформованій опорній поверхні при зміні тиску в шинах коліс багатоцільового броньованого автомобіля на прикладі КраЗ «Ураган». Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2021. Вип. 1 (37). С. 78-88.
5. Склярів М. В., Воробйов С. О. Вплив конструктивних факторів на прохідність автомобільної техніки багатоцільового призначення. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2020. Вип. 1 (35) С. 69-78.
6. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с.
7. Автомобіль вантажний. Сучасні конструкції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедев, В. Д. Мигаль, І.О. Шевченко, М.Л. Шуляк; за ред. проф. А.Т. Лебедева; ХНТУСГ. Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. 369 с.
8. Волков В.П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля: підручник. Суми: Університетська книга. 2015. 320 с.

УДК 629.3.017

АНАЛІЗ ПИТАНЬ ПІДВИЩЕННЯ ПРОХІДНОСТІ АВТОМОБІЛІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, М'ясоєдов Д.А., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Специфіка умов експлуатації автомобілів багатоцільового призначення (АБП) відбивається на експлуатаційних властивостях техніки і особливо на здатності здійснювати роботу в процесі руху в різних дорожніх умовах і по бездоріжжю, виконувати покладені на неї завдання з максимальною ефективністю.

Автомобіль – це складна механічна система, що здійснює взаємодію з зовнішнім середовищем. Ефективність АБП визначається багатьма конструктивними параметрами (типом і видом компонування, силовою установкою, конструкцією трансмісії і ходової частини, в тому числі, системи піддресорування і колісного рушія (КР)).

Тягове зусилля при русі по опорній поверхні і в контакт з нею створює КР АБП. Тому вибір і визначення його оптимальних конструктивних і експлуатаційних параметрів можна визначити як значиме завдання при проектуванні АБП.

Значний вплив (часом визначальний) на прохідність АБП надають кількість і розташування по базі окремих КР, можливість зміни нормальних навантажень і крутного моменту, положення центру мас, зміна схеми повороту АБП в цілому і окремих КР.

Експлуатаційним параметром АБП, змінним в процесі руху, є тиск повітря в шинах. Кількісне поліпшення параметрів опорної прохідності при зміні внутрішнього тиску повітря залежить від типу ґрунту, розмірів рушія і нормальних середніх тисків, що визначають несучу здатність ґрунтової основи.

Особлива важливість процесу регулювання тиску повітря в шинах АБП і його вплив на опорну прохідність визнається багатьма вченими.

Разом з тим в теорії автомобіля прохідність розглядається як одна з техніко-експлуатаційних властивостей.

Актуальною залишається формування єдиної закінченої методики оцінки прохідності колісних транспортних засобів (КТЗ), а також алгоритмів вибору їх основних конструктивних параметрів.

Проведенню наукових досліджень пошуку рішень існуючих проблем присвячені роботи багатьох вчених.

Проаналізувавши результати наукових досліджень і роботи авторів з дослідження опорної прохідності АБП, а також методів оцінки її показників, можна зробити ряд висновків:

1. Рішення комплексної задачі, пов'язаної з підвищенням опорної прохідності АБП, обумовлює необхідність вдосконалення методики розрахунку показників опорної прохідності. При цьому математичний опис має ґрунтуватися

на теорії кочення одиночного колеса, теорії автомобіля і основних законах механіки ґрунтів.

2. Розроблені до сьогоднішнього дня математичні моделі взаємодії одиночного КР з опорною поверхнею, що деформується (ОПД) не володіють завершеністю, необхідною точністю і достатньою універсальністю, що дозволяє легко реалізувати їх при практичному моделюванні процесу. І це вимагає проведення подальших досліджень.

3. Всіма авторами визнається значущість процесу регулювання тиску повітря в шинах, більшість з них приділяють цьому фактору значну увагу в своїх дослідженнях впливу конструктивних чинників на прохідність КТЗ. Авторами наголошується, що зі зміною тиску повітря в шинах і кожним новим проходом КР по ОПД, фізико-механічної характеристики ґрунту і товщина деформованого шару ґрунту змінюється.

4. Незважаючи на загальновизнане величезне значення зміни тиску повітря в шинах при русі в умовах бездоріжжя, дуже мало уваги приділяється необхідності встановлення раціонального тиску повітря в кожному КР залежно від типу ОПД, навантаження, що припадає на колеса, і умов взаємодії деформованого колеса з ґрунтом.

Список використаних джерел

1. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: навчальний посібник. К.: Арістей, 2007. 288 с.

2. Біліченко В.В., Добровольський О.Л., Огневий В.О., Смирнов Є.В. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 163 с.

3. Склярів М.В., Нікорчук А. І., Шаповалов О.І. Дослідження прохідності вантажних автомобілів Національної гвардії України з колісною формулою 6×6. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2022. Вип. 1 (39). С. 55-62.

4. Склярів М.В., Шаповалов О.І. Математичне моделювання руху по деформованій опорній поверхні при зміні тиску в шинах коліс багатоцільового броньованого автомобіля на прикладі КрАЗ «Ураган». Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2021. Вип. 1 (37). С. 78-88.

5. Склярів М. В., Воробйов С. О. Вплив конструктивних факторів на прохідність автомобільної техніки багатоцільового призначення. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2020. Вип. 1 (35) С. 69-78.

6. Wong Y. J. Theory of ground vehicle London. London – NewYork, McGrawHill Booh Comp. 1993. 423 p.

7. Грубель М. Г., Крайник Л. В., Хома В. В. Імітаційне моделювання руху колісної військової автомобільної техніки бездоріжжям та оцінка його адекватності. Автошляховик України. 2020. No 2. С. 21-28.

УДК 629.113

ДІАГНОСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Куш М.В., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Зубчасті головні передачі працюють в дуже важких умовах. Навантаження, які передаються ними, є змінними за величиною й напрямом, часто носять ударний характер, що призводить до пошкоджень зубів і одночасно – до збільшення бокових зазорів.

Зубчаста передача, яка працює нормально, характеризується плавністю роботи, одноманітним і рівним шумом, рівномірним контактом зубів, хорошим станом поверхонь зубів, наявністю бокових і радіальних зазорів в межах встановлених норм. У міру спрацьовування зубів, шестерень, шліцьових з'єднань і підшипників збільшується боковий зазор між зубами.

Основними експлуатаційними діагностичними параметрами зубчастих передач є боковий і радіальний зазор, а при складанні – положення й площа плями контакту та боковий зазор між зубами.

Для визначення технічного стану зубчастих передач в експлуатації використовують наступні діагностичні параметри: сумарний кутовий зазор передачі; диференційовані значення кутових зазорів окремих пар передач; вектори силових реакцій на опори валів; кінематичну нерівномірність (відхилення) передаваного моменту за один оборот валу передачі; інтенсивність зміни температури передачі в часі; віброакустичні сигнали.

Сумарний кутовий зазор складається з кутових зазорів складових елементів передачі.

Кутовий зазор є інтегральним параметром і не дає повного уявлення про стан окремих сполучень і деталей. Але надмірно великий сумарний зазор в механізмах силової передачі може бути, наприклад, підставою для розбирання (заміни) коробки передач і заднього моста з метою безпосереднього вимірювання зазорів в підшипнику і спрацьованості зубів шестерень, а також візуального огляду.

Бічним зазором в передачі називається зазор між зубами з'єднаних коліс, що забезпечує вільний поворот одного колеса відносно іншого. Бічні зазори необхідні для компенсації погіршень елементів передачі при виготовленні та монтажі, а також для мастила. Зміна відстані між осями шестерень для отримання необхідного бічного зазору викликає зменшення довжини активної частини профілю зуба і коефіцієнта перекриття. Це – основний недолік таких передач окрім їх технологічної складності.

Список використаних джерел

1. Мигаль В.Д., Аргун Щ.В. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатація: навч. посібник. Харків: Мачулін, 2024. 441 с.

УДК 629.083

НЕСПРАВНОСТІ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ВИКЛИКАНІ РЕЖИМАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Доніч М.О., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Дослідження коробок передач автомобілів у навантажених режимах показують, що інерційний момент двигуна при різкому включенні зчеплення й при блокуванні коліс, при гальмуванні з невідключеним зчепленням може значно перевищити максимальний крутний момент двигуна.

Експлуатаційні дослідження показують, що при різкому включенні зчеплення інерційний момент у КП може бути в 2-3,5 рази більше максимального крутного моменту двигуна. Такі навантаження приводять до прискореного зношування зубчастих зачеплень, підшипників, втрати початкової форми валів. З появою підвищених зазорів у міру наробітку або неточності монтажу виникають дефекти в зубчастих зачепленнях коробки передач. Віб्राції підсилюють ударні дії між деталями КП й трансмісії, що приведе до зношування й поломки окремих деталей.

У результаті ударних навантажень виникає значне зношування зубчастих зачеплень, підшипників і шліцьових з'єднань, механічне ушкодження зубів провідних і ведених шестерень, приводять до виникнення в КП підсиленних шумів і вібрацій. У таких умовах, у результаті, руйнуються підшипники. Причиною підвищеного зношування деталей можуть бути несправності сальників, недостатнє змазування або ослаблення кріплень.

Дисбаланс шкідливо впливає на деталі коробки передач, тому що викликає додаткові вібронавантаження, прискорюючи зношування з'єднань КП й опор підшипників агрегатів трансмісії. Найбільш ефективним способом зниження дисбалансу КП є балансування зубчастого зачеплення. Балансування дозволяє зменшити дисбаланс до рівня впливу робочих зазорів у КП.

На точність балансування коробок передач автомобілів основний вплив має швидкість їхнього обертання. Чим більша швидкість обертання, тим точніше буде балансування.

Технічною документацією передбачені вимоги на припустимий дисбаланс окремої зубчастої пари при балансуванні на стенді. Отже, основними причинами й джерелами відмов КП є: зношування зубчастих зачеплень, зношування підшипників; підвищений дисбаланс, який з'являється при появі високих зазорів у зубчастих зачепленнях і підшипникових опорах коробки передач; недостатньо висока вірогідність діагностичної інформації спричиняється невиннованою розбиранням КП при технічному обслуговуванні й ремонті, збільшує витрати запасних частин, простий автомобілів при ТЕ й у ремонті, при відмовах машин в експлуатації. Основною несправністю механічних коробок передач є утруднене перемикавання передач.

Причини: деформація качан перемикавання передач, деформація важеля

перемикання передач, неповне вимикання передач, заїдання сферичного шарніра, тугий рух штоків через забруднення гнізд, заусенців, заклинювання блокувальних сухарів; тугий рух ковзних муфт на маточинах при забрудненні шліців.

Вібрація у КП може прослуховуватися через осьовий люфт валів, зношування підшипників, шестірень і синхронізаторів; недостатнього рівня масла в коробці передач або через забруднене трансмісійне масло. Необхідно перевірити рівень масла, якість масла, немає чи підтікань, чи не забився сапун - отвір, що з'єднує внутрішню порожнину картера з атмосферою й самим виникнення, що запобігає тим, підвищеного тиску в КП. Сапун необхідно очистити. Крім того, можливо варто замінити ушкоджені прокладки й сальники.

Причинами мимовільного вимикання й нечіткого включення передач може бути зношування кульок і гнізд штоків; зниження пружності пружин фіксаторів; зношування зубів муфти синхронізатора; зношування кілець, що блокують, синхронізаторів. Якщо під навантаженням передачі переднього ходу вимикаються мимовільно, у першу чергу необхідно перевірити правильність і надійність кріплення коробки передач до картера зчеплення й, якщо потрібно підтягти гайки. Якщо це не допомагає, несправність варто шукати в механізмі або ненадійному кріпленні качан перемикання, зношуванні фіксаторів і повзунів, стані зубів шестірень.

Перегрів коробки передач. Нагрівання коробки передач вважається нормальним, якщо рука витримує тривалий дотик до корпусу коробки передач. Причиною підвищеного нагрівання коробки передач найчастіше є знижений рівень масла в картері коробки. Часом причиною перегріву коробки передач є заїдання валів у підшипниках. У цьому випадку необхідно перевірити, чи затягнуті гайки кріплення кришок підшипників, чи не зносилися самі підшипники. Якщо підшипники не зношені, потрібно перевірити, чи не погнуті вали, які при необхідності замінюють.

Причинами витоку масла можуть бути: зношування сальників валів; ослаблення кріплення кришок картера; ослаблення кріплення картера зчеплення до картера коробки передач; ушкодження ущільнювальних прокладок. Найбільш частою причиною утрудненого включення передач є порушення регулювання привода керування механізмом перемикання передач. Однак тут спочатку необхідно перевірити справність і регулювання зчеплення. Регулювання привода необхідне, якщо включення передач постійно утруднене й потрібно прикласти велике зусилля для переміщення важеля на ту або іншу передачу. У скреготі, що добре чутний при перемиканні передач, можуть бути винні синхронізатори. При сильному зношуванні кілець, що блокують, сухарів і фіксаторів їх потрібно замінити в комплекті із шестірнями.

Список використаних джерел

1. Мигаль В.Д., Аргун І.В. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатація: навч. посібник. Харків: Мачулін, 2024. 441 с.

УДК 629.113

ВИЗНАЧЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ І ВІДМОВ ГОЛОВНИХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛІВ

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Куш М.В., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Дослідження головних передач автомобілів у навантажених режимах показують, що інерційний момент двигуна при різкому вмиканні зчеплення й при блокуванні коліс, при гальмуванні з не відключеним зчепленням може значно перевищити максимальний крутний момент двигуна.

Основними причинами й джерелами відмов головної передачі є: перевищення допустимого бічного зазору між зубами із-за зносу зубів, неправильного складання або розрегулювання; перевищення допустимого радіального або осевого зазору в підшипниках опор валів шестерень із-за зносу, ослаблення кріплень кришок; течія змащувального матеріалу через манжети із-за зношеності манжети, маточини фланця або твердіння робочої кромки манжети (старіння); підвищений шум при роботі головної передачі із-за зносу або руйнування деталей підшипника, збільшення бічного зазору між зубами шестерень головної передачі; стукіт в трансмісії при зміні режиму роботи із-за зносу шестерень диференціала, збільшеного зазору в затисканні шестерень головної передачі, перебоїв в роботі двигуна. Майже всі несправності головної передачі можуть бути виявлені при русі автомобіля наступним чином: на прямій передачі – «внатяг», коли зуби шестерень головної передачі працюють з повним навантаженням при русі автомобіля вперед (по передньому ходу); накатом із вимкненою коробкою передача, коли шестерні головної передачі можуть працювати на передньому та задньому ходу з мінімальним навантаженням; накатом з гальмуванням двигуна, коли зуби шестерень головної передачі працюють на задньому ходу з підвищеним навантаженням. Дисбаланс шкідливо впливає на деталі головної передачі, тому що викликає додаткові вібронавантаження, прискорюючи зношування з'єднань головної передачі й опор підшипників агрегатів трансмісії. Одна із причин виникнення дисбалансу – неточність виготовлення окремих деталей. Головна передача, зібрана з таких деталей, буде мати дисбаланс. Іншою причиною виникнення дисбалансу є наявність робочих зазорів у зубчастих з'єднаннях деталей, зазорів у підшипникових вузлах і співвісності їхнього монтажу. Найбільш ефективним способом зниження дисбалансу головних передач є балансування зубчастого зчеплення. Балансування дозволяє зменшити дисбаланс до рівня впливу робочих зазорів у головній передачі.

Список використаних джерел

1. Мигаль В.Д., Аргун Щ.В. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатація: навч. посібник. Харків: Мачулін, 2024. 441 с.

УДК 629.083

ВИДИ ЗНОШУВАНЬ І ПОЛОМОК ДЕТАЛЕЙ ПІДШИПНИКІВ І ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

Мигаль В.Д., д.т.н., професор, Доніч М.О., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Розрізняють конструктивні, виробничі й експлуатаційні дефекти. Конструктивні й виробничі дефекти виникають у результаті помилок, допущених при конструюванні, виготовленні й ремонті автомобіля.

Експлуатаційні дефекти є наслідком природного зношування деталей або неправильного технічного обслуговування автомобіля. Природне зношування відбувається в результаті тертя між тертьовими поверхнями й утоми поверхневого шару матеріалів. Розрізняють 3 групи зношування: механічне, молекулярно-механічне й корозійно-механічне.

Механічне зношування. Його підрозділяють на абразивне, пластичне деформування, тендітне руйнування, стомлене зношування. Абразивне зношування виникає в результаті ріжучого або дії, що дряпає, твердих часток (пилу, продуктів зношування), що попадають між тертьовими поверхнями. Пластична деформація відбувається під дією значних навантажень на деталі й супроводжується зміною їхніх розмірів без втрати маси. Тендітне руйнування спостерігається на деталях, підданих ударним навантаженням. Наприклад, на робочих поверхнях бігових доріжок підшипників кочення відбувається наклеп поверхні, а потім відшаровування часток металу. Стомлене зношування виникає при терті катання й спостерігається на робочих поверхнях підшипників кочення й на зубах шестірень. Повторно-змінні навантаження й високі питомі тиски в контакті викликають поява мікротріщин, відшаровування лусочок металу й утворення западин на робочих поверхнях.

Молекулярно-механічне зношування відбувається в результаті молекулярного зчеплення матеріалів тертьових поверхонь сполучених деталей. При відносному переміщенні деталей нерівності поверхонь пластично деформуються, виникають місцеві контакти (схоплювання) на тертьових поверхнях і руйнування їх з відділенням часток металу або налипанням їх на поверхнях тертя. Таке зношування спостерігається в процесі приробляння механізмів і обкатування автомобіля. Воно може привести до задиру й заїдання деталей.

Корозійно-механічне зношування виникає при сполученні корозії й механічного зношування. Корозією називається руйнування металів, викликуване електрохімічним або хімічним впливом зовнішнього середовища (кисню, газів). Електрохімічна корозія виникає на поверхні металів через їхню неоднорідність. Корозійно-механічне зношування проявляється у вигляді окислювання й відшаровування поверхневих шарів металу. Воно спостерігається в деталей, на які впливають кислоти, що втримуються в нафтопродуктах або утворюються при роботі агрегатів.

Розмір зношування залежить від конструкції механізму й умов роботи деталей, матеріалу, з яких виготовлені деталі, їх механічної й термічної обробки, наявності і якості мастильних матеріалів, якості складання й регулювання механізмів, і агрегатів, своєчасності і якості виконання технічного обслуговування, умов експлуатації, прийомів водіння автомобіля й інших причин. Зі збільшенням пробігу автомобіля зношування й зазор між сполученими деталями поступово збільшуються. Наростання зношування в різних сполученнях неоднаково, тому що неоднакові зносостійкість деталей і умови їхньої роботи. Якщо деталі піддаються ударним і знакозмінним навантаженням, то значне відхилення від установленого зазору приводить до різко зростаючим зносам. Зношування деталі, при якому вона може працювати нормально до чергового ремонту, називається припустимим. Зношування, при якому порушуються нормальні умови роботи сполучених деталей і подальша експлуатація стає неможливою або неекономічною, називається граничним. Після досягнення граничного зношування деталей необхідно ремонтувати, тому що ударні навантаження, що виникають між сполученими деталями через великий зазор і погіршення умов змащення, приводять до різкого збільшення зношування й можуть викликати поломку деталей. У випадках, коли несправності загрожують безпеці руху або виникає небезпека аварійної відмови агрегату, рух автомобіля повинне бути припинене.

Більша частина несправностей коробки перемикач передаток не виникає знезапче, а проявляються поступово, протягом іноді досить тривалого періоду часу. Про вихід, що наближається, якої-небудь деталі з ладу починають попереджати сторонні звуки, що виходять із боку КП. Вібрація витискного підшипника постійний, при нажатій або відпущеній педалі зчеплення. Бувають випадки, коли витискного підшипник свистить. Вібрація підшипника первинного вала не складно відрізнити від вібрації витискного підшипника, досить нажати педаль зчеплення. Якщо вібрація пропаде, а після відпускання педалі відновить, отже, вібрує підшипник первинного вала. Вібрація у коробці передаток може бути викликаний низьким рівнем масла. У деяких випадках це приводить до того, що горять шестірні, стають синіми. На вид вони гарні, але можуть вібрувати. Через низьку якість підшипників шестірні дуже часто починають вібрувати раніше строку. Вібрація у коробці передаток із постукуванням може виникнути після зношування, поломки або сильного викрашування зубів на шестірнях. При сильних ушкодженнях стукіт буде постійним. Включення передаток із хрускотом зустрічається не так часто, але через це можуть бути більші неприємності. Причиною такого включення може бути, деформація кільця, що блокує, або поломка пружини, його що підтискає. Поломка пружини може привести до викрашування зубів шестерень, руйнуванню муфти включення, що приводить до самовимикання передаток.

Список використаних джерел

1. Мигаль В.Д., Аргун І.В. Вібраційна діагностика машин, проектування, виготовлення, експлуатація: навч. посібник. Харків: Мачулін, 2024. 441 с.

УДК 629.113.032

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ СУЧАСНОГО ГАЛЬМІВНОГО ПРИВОДУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА АВТОБУСІВ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Дацун А.І., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Враховуючи, що сучасні автомобілі мають більш високу вантажопідйомність та повну масу, підвищену швидкість руху, а також з урахуванням появи та застосування нових електронних систем безпеки, у тому числі електропневматичного гальмівного приводу, теоретичні та експериментальні дослідження в галузі гальмівного керування залишаються актуальними і на сьогоднішній день.

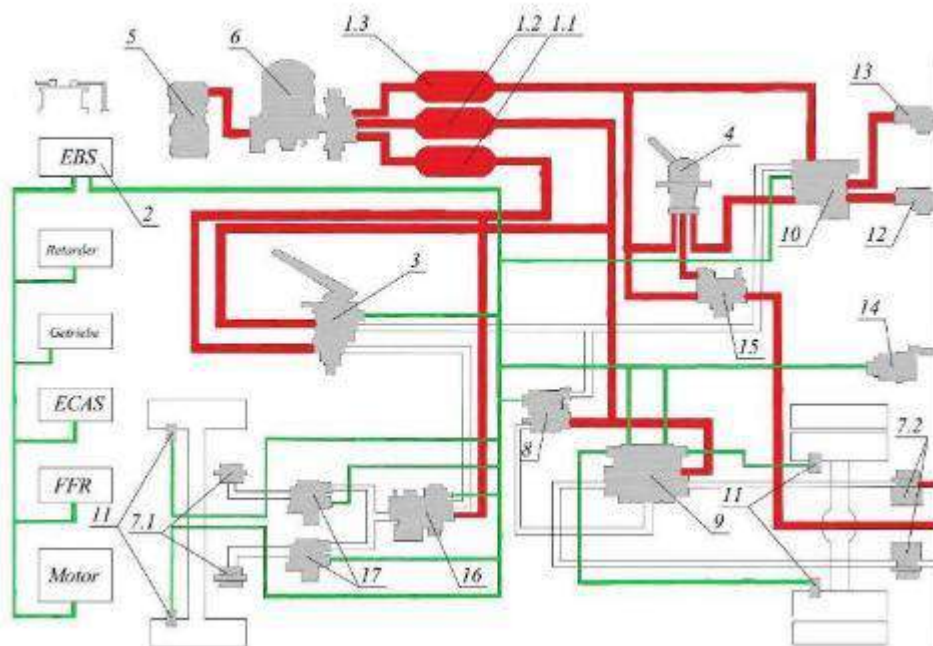
На сучасних автомобілях продовжують застосовуватися кілька видів гальмівних приводів, які вже стали класичними, такі як механічний, гідравлічний, пневматичний та їх комбінації. На вантажних автомобілях з дозволеною максимальною масою понад 7,5 тонни, на причепах та напівпричепах масою понад 10 тонн, а також на автобусах масою понад 5 тонн переважно поширений пневматичний привод. Це зумовлено тим, що в порівнянні з іншими типами приводів за рахунок використання стисненого повітря, можна створювати великі приводні сили в гальмівних механізмах без м'язової сили водія.

Наявність великих гальмівних сил дозволяє загальмовувати транспортні засоби будь-якої максимальної маси. Є і пневмоприводи та інші переваги: можливість ефективного загальмовування одного і навіть кількох причепів, знижений ризик виходу з ладу через витік повітря, робоче тіло приводу (повітря), використання запасу повітря для інших споживачів (підвіска тощо). Починаючи приблизно з середини 80-х років минулого століття почали проводитися роботи з дослідження та створення нового різновиду гальмівного приводу – електропневматичного приводу (ЕПП) гальм. Стояло завдання – створити такий комбінований привід, у якого зберігалися б всі переваги пневмоприводу, але були б усунені недоліки по швидкодії. В ЕПП була збережена класична силова пневматична частина (компресор, регулятор тиску, захисні клапани, ресивери, трубопроводи, гальмівні камери тощо). Традиційні апарати керування та розподілу повітрям (ніжний гальмівний кран, регулятор гальмівних сил, обмежувач тиску, прискорювальні клапани) були замінені або модифіковані на нові апарати з електричним керуванням (електропневмоклапани). Це дозволило повністю зняти проблему швидкодії, особливо для автомобілів та автопоїздів великої довжини, тому що команди на гальмування надходять від «електричної» гальмівної педалі до електропневмоклапанів, що пропускають повітря до гальмівних камер практично миттєво.

Другим істотним позитивним моментом використання електроуправління в ЕПП стала можливість оперативної зміни алгоритму подачі повітря в гальмівні камери в залежності від необхідного розподілу гальмівних сил по осях, бортах

або навіть по окремих колесах. Ці можливості були реалізовані спочатку в антиблокувальних системах, потім в електронних системах контролю стійкості, електронних регуляторах гальмівних сил тощо.

Сучасні нормативні вимоги в галузі гальмування транспортних засобів (Правила ООН № 13) не наказують на обов'язковість використання того чи іншого типу приводу на важких транспортних засобах та причепах, дозволяючи виробникам застосовувати досі пневматичні, так і електропневматичні приводи. Проте Правилами ООН №13 жорстко встановлено конкретні вимоги безпеки до кожного з цих приводів у разі їх застосування. Багато автомобілів досі обладнуються пневмоприводом, за кордоном вже більш поширений електропневмопривод гальм. Типову схему сучасного ЕПП вантажного автомобіля-тягача показано на рис. 1.



- 1.1, 1.2, 1.3 – ресивери основної, допоміжної та паркувальної систем;
 2 – електронний блок управління; 3 – «електронна» педаль; 4 – ручний гальмівний кран; 5 – компресор; 6 – вологомасловідділювач; 7.1, 7.2 – передні та задні гальмівні камери; 8 – захисний клапан; 9 – осьовий модулятор тиску;
 10 – клапан керування гальмами причепа; 11 – датчик кутової швидкості колеса; 12 – сполучна головка керуючої магістралі; 13 – сполучна головка живильної магістралі; 14 – роз'єм ЕПП до причепа; 15 – прискорювальний клапан; 16 – пропорційний модулятор тиску; 17 – модулятори АБС;

Рис. 1. Принципова схема електропневматичного гальмівного приводу автомобіля-тягача

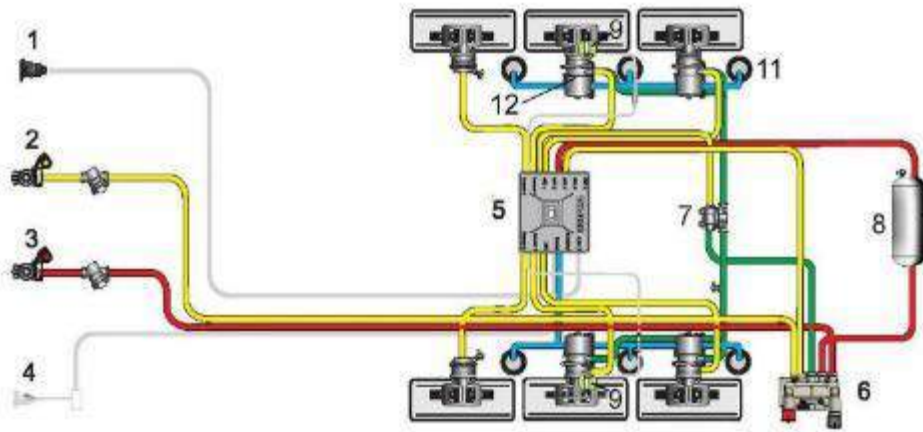
В основі конструкції ЕПП тягача лежать осьові модулятори, що змінюють тиск повітря в гальмівних контурах з урахуванням даних, що надходять від різних датчиків. Інформація від датчиків надходить в електронний блок управління, який на підставі алгоритму роботи, що використовується, формує керуючі команди, які подаються на електроклапани модуляторів. Також в ЕПП є апарати, що дозволяють керувати гальмівним приводам причепа по електричних

ланцюгах та дублюючих пневматичних трубопроводів.

Принципова схема сучасного електропневматичного приводу напівпричепа наведена на рис. 2. Основним апаратом приводу є центральний модулятор, який виконує одночасно функції класичного розподільника повітря причепа, регулятора гальмівних сил, модуляторів АБС і електропневмоклапана ЕПП. Також центральний модулятор має вбудовані датчики тиску повітря та датчики лінійного та/або кутового прискорення/уповільнення. Конструктивно центральний модулятор об'єднаний із електронним блоком управління.

Осьове навантаження фіксується датчиками тиску, встановленими в пневмопідвісці. У сучасних ЕПП причепів та напівпричепів, як і на автомобілях, за рахунок можливості роздільного підгальмовування коліс по бортах, реалізована функція електронної системи стабілізації руху.

Реалізована схема ЕПП для причіпних ланок автопоїздів одержала позначення TEBS E (Electronic Braking System for Trailers).



- 1 – електричний роз'єм ЕПП причепа; 2 – керуюча магістраль;
 3 – живильна магістраль; 4 – роз'єм електроустановки;
 5 – центральний/основний модулятор; 6 – розподільник повітря з функцією розгальмовування; 7 – захисний клапан; 8 – ресивер; 9 – датчик частоти обертання коліс; 11 – пневмобалон підвіски; 12 – гальмівна камера з енергоакумулятором

Рис. 2. Принципова схема електропневматичного гальмівного приводу напівпричепа

Робота модуляторів електропневматичного гальмівного приводу [1, 2] здійснюється в залежності від одержуваних електронним блоком ЕПП вхідних параметрів. Такими параметрами є: ступінь натискання на «електронну» гальмівну педаль (інформація від датчика переміщення педалі), частота обертання коліс АТЗ (інформація від датчиків кутової швидкості коліс); величина нормального навантаження на осі (інформація від датчиків тиску повітря в пневмопідвісці або датчика прогину ресор), величина поздовжнього та поперечного уповільнення АТЗ (інформація від відповідних датчиків уповільнення). За результатами аналізу вхідних даних алгоритм блоку управління формує вихідні сигнали електроклапанів ЕПП.

Сучасні модулятори ЕПП фірм Вабко, Кнорр та ін. мають досить складну конструкцію, показану, наприклад, на рис. 3.

Складність обумовлена виконанням відразу кількох функцій: звичайне гальмування, робота АБС, електронне регулювання гальмівних сил, стабілізація руху при гальмуванні та повороті.

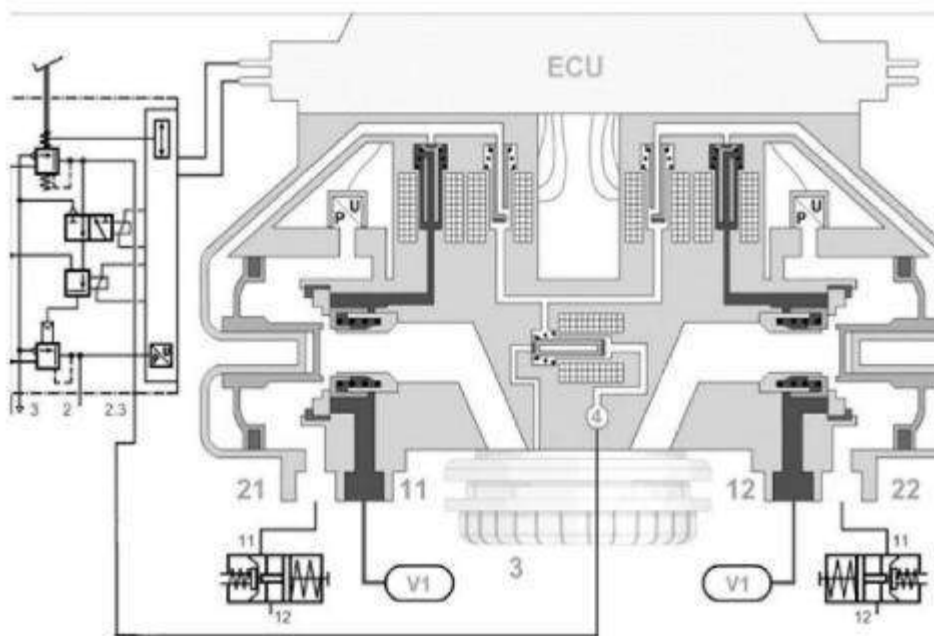


Рис. 3. Принципова схема осевого модулятора тиску та пропорційного модулятора тиску тягача

Проведений аналіз показав, що сучасний електропневматичний привід має високу конструктивну складність, проте наявність у ньому електропневмоклапанів, набору датчиків та електронного блоку управління дозволяють для всіх умов експлуатації організувати, на відміну від пневмоприводу, близьке до оптимального регулювання гальмівних сил по осях. Для оптимізації процесу гальмування АТЗ з ЕПП необхідно розглянути процеси, що відбуваються у приводі при наповненні повітрям гальмівних камер, дослідити поведінку шин при гальмуванні, проаналізувати перерозподіл осевих навантажень під час гальмування. Отримана інформація стане основою вдосконалення алгоритму функціонування блоку управління ЕПП.

Список використаних джерел

1. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006. 400 с.
2. Туренко О.І. Підвищення стійкості, керованості і функціональної стабільності легкових автомобілів при службових гальмуваннях: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2018. 23 с.
3. Economic Commission for Europe, ECE Regulation 13, Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles of Categories M,N and O With Regard to Brakingm. – Revision 06.

УДК 629.113.032

НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНИХ СИЛ**Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Дацун А.І., здобувач ВО***Держаний біотехнологічний університет*

Основним нормативним документом, у якому встановлені вимоги до розподілу гальмівних сил по осях АТЗ, є Правила ООН № 13.

Згідно з текстом Правил ООН № 13, якість розподілу гальмівних сил автомобіля описується так званим коефіцієнтом реалізованого зчеплення f_x автомобільного колеса з поверхнею дорожнього покриття. У роботі [1] розглядається ситуація гальмування автомобіля, при якому коефіцієнт зчеплення (f_x^{max}) коліс відносно поверхні дорожнього покриття реалізований повністю. Для цього випадку вважається, що автомобіль має так званий «ідеальний» розподіл гальмівних сил, які в математичному вираженні можна представити у вигляді залежності (1).

$$f_1 = f_2 = z = f_x^{max}, \quad (1)$$

де f_1, f_2 – реалізоване зчеплення на передній та задній осі автомобіля;
 f – максимальне реалізоване зчеплення коліс передньої та задньої осі автомобіля відносно поверхні дорожнього покриття;
 z – коефіцієнт гальмування.

У роботі [2] авторами аналізується процес гальмування автомобіля за умови, що прослизання коліс $S = 100\%$. У цьому випадку коефіцієнт гальмування автомобіля дорівнює реалізованому зчепленню заблокованого колеса (коефіцієнту зчеплення заблокованого колеса або коефіцієнту тертя ковзання). У гальмівному режимі, за умови ковзання коліс автомобіля $S < 100\%$, так як майже завжди використовується нерівність (2), коефіцієнт гальмування визначається реалізованим зчепленням, що виникає на осях автомобіля і геометричним положенням його центру тяжіння щодо дорожнього покриття і точок контакту автомобільних шин з поверхнею дорожнього покриття.

$$z \neq f_i \neq f_z. \quad (2)$$

Вважається, що ідеальний розподіл гальмівних сил автомобіля під час гальмування (який описується виразом (1)), має місце, коли у автомобіля осьові навантаження однакові, шини мають однаковий тиск повітря, то при цьому коефіцієнт гальмування автомобіля буде дорівнює коефіцієнту зчеплення. І тут колеса мають однакове реалізоване зчеплення всіх осей при симетричному положенні координати центру тяжкості.

Але в реальних умовах такий випадок майже неможливий, оскільки маса автомобіля та осьові навантаження в експлуатації змінюється випадковим чином і завжди відбувається перерозподіл маси між осями автомобіля під час гальмування. Для цих умов майже завжди справедлива наступна нерівність.

$$z \neq f_x^{\max}. \quad (3)$$

Нормативами встановлено вимогу (Правила ООН № 13, Додаток № 10), щоб фактичні криві реалізованого зчеплення АТЗ не перетинали граничні криві.

Так для автомобілів категорії N_1 криві реалізованого зчеплення повинні знаходитися в межах граничних криві, а крива реалізованого зчеплення передньої осі двовісного автомобіля повинна знаходитися над кривою зчеплення, що реалізується задньої осі в діапазоні від 0,15 ... 0,5.

Крім того, в діапазоні 0,15-0,3 криві зчеплення, що реалізується, повинні обов'язково перебувати між паралельно розміщеними граничними кривими, побудованими за залежністю (4).

$$z \geq k \pm 0,08. \quad (4)$$

І, нарешті, криві зчеплення, що реалізується, розташовані в діапазоні 0,15-0,3, повинні бути розташовані паралельно прямий ідеального розподілу зчеплення коліс передньої і задньої осі.

Для всіх вантажних автомобілів, крім категорії N_1 , а також для автобусів, криві зчеплення, що реалізується, повинні задовольняти відношенню (3).

$$z \geq 0,3 + 0,74 \cdot (k - 0,38). \quad (5)$$

Граничні криві повинні знаходитися між паралельними кривими і при цьому крива реалізованого зчеплення передньої осі автомобіля повинна знаходитися над кривою зчеплення задньої осі, що реалізується, в діапазоні 0,15..0,3, при цьому крива реалізованого зчеплення задньої осі і коефіцієнтів гальмування $z \geq 0,3$ повинні задовольняти співвідношення (5).

Проведений аналіз дозволяє визначитися з вимогами до розподілу гальмівних сил автомобілів різних категорії згідно з Правилами ООН №13, та проаналізувати параметри, за якими проводиться оцінка зчеплення автомобільного колеса відносно поверхні дороги.

Це дозволяє детальніше провести оцінку відповідності регулювання гальмівних сил на АТЗ, оснащених електропневматичним гальмівним приводом.

Список використаних джерел

1. Леонтьєв Д.М. Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.02. Харківський нац. авт. дор. ун-т. Харків, 2021. 355 с.
2. Туренко А.М., Богомолів В.О., Клименко В.І. та інш. Функціональний розрахунок гальмівної системи автомобіля з барабанными гальмами та регулятором гальмівних сил. Харків: ХНАДУ, 2003. 120 с.
3. Economic Commission for Europe, ECE Regulation 13, Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles of Categories M,N and O With Regard to Brakingm. – Revision 06.

УДК 629.113

ІСКРОУТВОРЕННЯ В МІЖЕЛЕКТРОДНОМУ ЗАЗОРІ СВІЧКИ ЗАПАЛЮВАННЯ

Ковтун І.О., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Охарактеризовано вплив міжелектродного, іскрового зазору, технічного стану свічки запалювання на можливість іскроутворення з використанням засобів технічного сервісу.

Величина міжелектродного, іскрового зазору свічки запалювання впливає на функціональні показники, потужність, паливну економічність, склад відпрацьованих газів, вібраційну стійкість двигуна внутрішнього згоряння [1].

Принцип дії свічки запалювання визначений тим, що на центральний електрод, катод, подається напруга 25-30 тис. вольт, в результаті чого між ним і негативним електродом, анодом відбувається електричний розряд – високовольтна дуга (рис. 1), що підпалює паливну суміш в циліндрі двигуна [2].

За меншої відстані між електродами - легше проходить розряд, відповідно для виникнення іскри потрібно менше витратити енергії, що є позитивним для вторинного ланцюга системи запалювання. При цьому для якісного підпалу паливної суміші потрібен більший іскровий зазор, що дає більше простору для загоряння суміші і більш потужну іскру.

Розв'язок протиріччя визначається по-перше шляхом зменшення товщини центрального електрода - чим він тонший, тим менше потрібно енергії для подання більшої відстані зазору і по-друге для його виготовлення використовують сплави інертних металів: платини, золота, срібла, іридію, паладію. Деякі виробники свічок запалювання наносять “острівця” коштовного металу і на бічний електрод, що дозволяє збільшити іскровий зазор в 3,5 рази при збереженні рівня енерговитрат.



а)



б)



в)

Рисунок 2 - Високотехнологічні свічки запалювання: а) утворення іскри між електродами; б) зменшена товщина центрального електрода; в) використання коштовного металу

Однак, надмірне збільшення міжелектродного зазору потребує збільшення пробивної напруги між електродами свічки, що створює підвищені електричні

навантаження на елементи вторинного ланцюга системи запалювання і можуть спостерігатися перебої в іскроутворенні між електродами свічки запалювання.

Перебої в іскроутворенні виникають також через негерметичність свічки, вигорання та забруднення електродів, недостатньої швидкості наростання і величини вторинної напруги, що розвивається системою запалювання.

Відомо, що відповідно до закону Пашена пробивна напруга залежить від величини міжелектродного зазору свічки запалювання, щільності газу, швидкості наростання вторинної напруги:

$$V = \frac{a(p \cdot d)}{\ln(p \cdot d) + b}, \quad (1)$$

де V - напруга пробою, В; p - тиск газу, атм; d - відстань між електродами, мм; a і b - константи, що залежать від складу газу

Безперебійність іскроутворення між електродами свічок запалювання оцінюється за використанням приладу (рис. 3), призначеного для перевірки свічок запалювання під тиском [3].



Рисунок 3 - Стенд перевірки свічок запалювання під тиском і комутаторів «Молнія» 12 В з компресором

З рівняння стану ідеального газу через тиск, густина повітря в камері приладу розраховується за формулою:

$$\rho = \frac{P_{ABC} \mu}{R \cdot T_{ABC}}, \quad (2)$$

де P_{ABC} - абсолютний тиск, Па; $P_{ABC} = P_{HT} \cdot 9,81 \cdot 10000 + P_{ATM} \cdot 133,32$ μ - молярна маса газу, 28,95 г/моль; R - універсальна газова постійна, 8,31 Дж/(моль К); T_{ABC} - абсолютна температура, К; P_{ATM} атмосферний тиск, мм.рт.ст., P_{HT} надлишок тиску, показання манометра приладу "Молнія", кгс/см².

Тиск у камері приладу під час випробувань плавно піднімали за допомоги компресора. Випробування показали, що збільшення до певної величини щільності повітря в міжелектродному проміжку свічки запалювання та відповідно пробивної напруги викликає поверхневий пробій високої напруги за ізолятором між корпусом та високовольтним виведенням свічки, до якого підключений високовольтний провід. При поверхневому пробіі іскровий розряд формується поза межелектродним зазором свічки, тобто виникають пропуски процесу іскроутворення в ньому.

Список використаних джерел:

1. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учебное пособие в 3-х томах. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностирования / В.Д. Мигаль. Харьков: Майдан, 2014. 444 с.
2. Блезнюк О. В., Іржов В. С., Коваленко А.М. Вимоги до сучасної свічки запалювання. Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 28-30.
3. Блезнюк О. В., Іржов В. С., Коваленко А. М. Визначення технічного стану свічки запалювання і його вплив на функціонал двигуна. Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 24-27.

УДК 629.113

ВІБРАЦІЯ В ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Гречаник І.М., Ковальов О.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Відображена можливість зменшення рівня передачі вібрації від двигуна внутрішнього згорання до коробки переключення передач.

З огляду на світові тенденції щодо зменшення споживання нафти, продуктів її переробки, обумовлених екологічною складовою, викиди CO₂ тощо, в автомобілебудуванні спостерігається тенденція щодо виробництва двигунів з низьким споживанням палива. Реалізується принцип “зменшення розмірів”, який передбачає, що максимально можлива потужність повинна бути отримана від двигунів з мінімізованим робочим об'ємом із забезпеченням кращої комбінації за витратою палива та вихідною потужністю двигуна.

Тенденції зменшення розмірів призводять до того, що двигуни мають вищу питому потужність, що з точки зору вібрації є несприятливим. Незначна маса, пов'язана з високим рівнем збурювальних моментів, викликає високий рівень вібрації. В двигуні автомобіля крутильні коливання в колінчастому валу створюють проблему, оскільки крутний момент від циліндрів передається імпульсами до колінчастого валу, що призводить до нерівномірного обертання колінчастого вала. У чотиритактному двигуні імпульс крутного моменту, також званий робочим ходом, подається один раз на два оберти двигуна від кожного

циліндра. У чотирициліндровому двигуні циліндри збурюють колінчастий вал двічі за кожен оберт, і тому крутний момент має домінуючу гармонічну складову другого порядку. Ці імпульси крутного моменту небажані в двигуні через вібрації, які викликають шум або навіть вихід з ладу компонентів двигуна.

Задля зменшення негативного впливу вібрації від крутильних коливань у силових агрегатах автомобілів використовується спеціальний тип маховика, який набув назви двомасового маховика DMF (Dual Mass Flywheel) з вбудованою системою відцентрових маятникових амортизаторів вібрацій CPVA (Centrifugal Pendulum Vibration Absorbers), для захисту коробки передач та решти трансмісії від набутої вібрації двигуном (рис. 1).

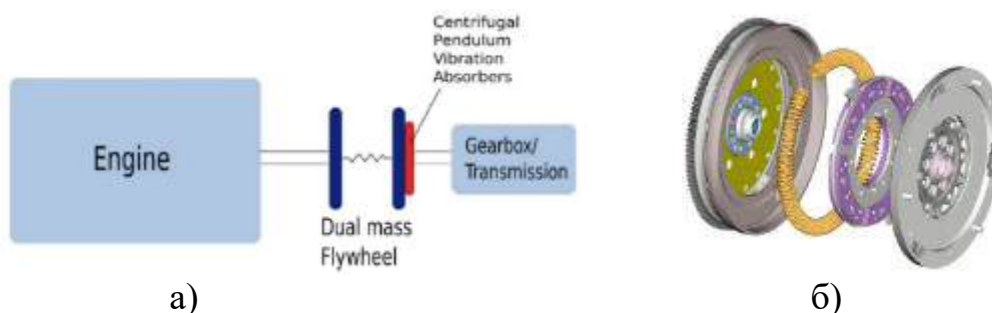


Рисунок 1 - Сучасна схема: а) компоновки силових агрегатів, б) двомасового маховика DMF

Маховик даної конструкції ізолює двигун, первинну сторону, від коробки передач, вторинну сторону, з'єднуючи їх дугоподібною пружиною, що забезпечує зниження вібрації в межах 80-90%.

Список використаних джерел:

1. Ковтун І.О., Блезнюк О. В. Зниження рівня вібрацій в автомобілі. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 67-69.

УДК 629.113

СИЛИ ЗБУРЕННЯ КРУТИЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Гречаник І.М., Ковальов О.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Охарактеризовані процеси збурення крутильних коливань колінчастого валу двигуна внутрішнього згорання.

Основним джерелом збурення крутильних коливань є дискретне запалювання двигуна [1]. Воно також є основною причиною деренчання та гулу низькошвидкісних передач.

Крутний момент на колінчастому валу є періодичною функцією часу або, використовуючи термінологію, яку віддають перевагу фахівці з двигунів, функцією кута повороту колінчастого валу. Крива крутного моменту будується як функція часу та визначається силами газу в циліндрі, геометрією кривошипно-

шатунного приводу, а також моментами прискорення кривошипно-шатунного приводу та його змінними моментами інерції маси протягом одного оберту [2].

Значні сили маси виникають лише на вищих швидкостях і в цей момент вони можуть навіть стати домінуючими. Оскільки брязкіт і деренчання шестерень виникають переважно на низьких обертах двигуна, інерційні сили для цих спостережень можна описати співвідношенням крутного моменту:

$$M(\Psi) = -\frac{1}{2}V_h \frac{1}{r} \frac{dz}{d\Psi} (p - p_0), \quad (1)$$

де V_h - об'єм циліндра; $\frac{1}{r} \frac{dz}{d\Psi}$ - геометрія колінчастого валу; $p - p_0$ - крива тиску в циліндрі

Згідно з цим рівнянням, залежний від часу крутний момент, що діє на колінчастий вал, є добутком переміщення поршня, геометричного коефіцієнта, що залежить від кута повороту колінчастого валу та кривої тиску в циліндрі [3]. На графіку (рис. 1) представлена ілюстрація даного принципу для одного циліндра, у чотиритактному двигуні ця крива повторюється двічі за оберт.

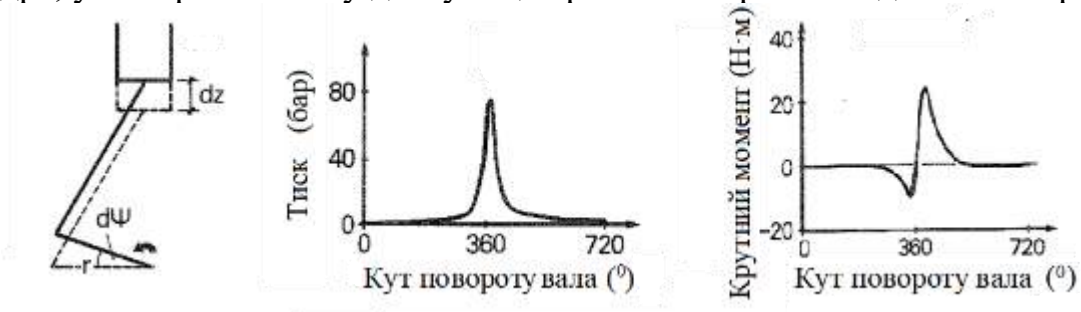


Рисунок 1 - Збудження двигуна внаслідок дії газових сил

Відповідно до (рис. 1), крива крутного моменту пропорційна робочому об'єму поршня на циліндр. Для чотире-, п'яти-, шести- або восьмициліндрових двигунів характеристика для кожного окремого циліндра, як показано на (рис. 1), повинна бути точно накладена відповідно до відповідного фазового кута, щоб отримати загальну характеристику двигуна. Як приклад, на (рис. 2) показано криві крутного моменту для чотире-, шести- та восьмициліндрового двигуна, кожен з однаковим об'ємом поршня.



Рисунок 2 - Крутний момент колінчастого валу, визначений силою газу в циліндрах

Двигуни з більшою кількістю циліндрів мають кілька переваг. Загальний робочий об'єм циліндра розподіляється між кількома циліндрами. Це зменшує робочий об'єм поршня та відповідно результуюче збурення на циліндр. Крім того, збурення відбувається з вищою частотою.

Величина пікового крутного моменту сама по собі нічого не говорить щодо нерівномірності роботи двигуна. Це значення визначається на основі моменту інерції маси J_m колінчастого вала разом з такими компонентами, як маховик та зчеплення, які жорстко прикріплені до нього. Кутове прискорення ω_m визначається за допомогою рівняння:

$$M = J_m \cdot \omega_m, \quad (2)$$

Це значення демонструє майже постійну амплітуду при низьких швидкостях, які нас цікавлять. Криву кутової швидкості або швидкості як функції часу можна побудувати за допомоги інтегрування:

$$\omega_m = \int \dot{\omega}_m dt, \quad (3)$$

Відповідно до наведеної інформації, досліджуючи представлені закономірності, що підтверджені експериментально, можна передбачити збурення двигуна під повним навантаженням з достатнім ступенем точності. Більше того, можливо проводити порівняння між різними двигунами та ступенем їх нерівномірності.

Список використаних джерел:

1. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т.1 Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. Харків: Прапор, 2004. 384 с.
2. Блезнюк О.В. Алгоритми визначення технічного стану автомобільних транспортних засобів шляхом вібраційної діагностики. International Scientific Conference Trends, Issues, and Challenges in Modern Science(September 13, 2024), Cambridge, United Kingdom.
3. Сорокін С.П., Блезнюк О.В., Горевий В.Ю., Борисов А.В. Означення напрямку визначення технічного стану механічно-структурної складової двигуна / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». Київ: НУБіП України, 2024. С. 134-140.

УДК 921.1

ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ СПАЛЮВАННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Ісагулов І., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Енергетична безпека та екологічна стабільність є ключовими викликами XXI століття. Усі розвинені країни світу активно переходять до відновлюваних джерел енергії, прагнучи зменшити залежність від викопних палив, скоротити викиди парникових газів та забезпечити сталий розвиток. На цьому тлі особливої актуальності набуває використання біомаси та біопалива, які поєднують у собі екологічність, доступність і високу енергетичну ефективність.

Біомаса є одним із небагатьох ресурсів, які Україна має у великій кількості. Вона утворюється як природний результат життєдіяльності рослин, тварин та аграрного виробництва, а її використання дозволяє не лише отримувати енергію, але й ефективно переробляти органічні відходи. Перехід до біоенергетики відкриває можливості для зменшення імпортозалежності, економічного розвитку громад та зниження навантаження на довкілля.

В умовах глобальної енергетичної кризи та зростання вартості традиційних енергоносіїв використання біопалива в теплоенергетичних установках стає не просто альтернативою, а необхідністю. Саме тому дослідження властивостей біомаси, її переваг, технологій спалювання та перспектив впровадження в Україні є вкрай важливим і своєчасним.

Біомаса — це органічна речовина рослинного або тваринного походження, яку можна використовувати як паливо для виробництва теплової чи електричної енергії. До біомаси належать деревина, сільськогосподарські відходи, солома, лушпиння, біогаз, біодизель, гній та інші види органічної сировини. Вона є поновлюваним джерелом енергії, оскільки утворюється природним шляхом у процесі росту рослин і розкладання органічних речовин. Біомаса може використовуватись безпосередньо для спалювання або перероблятися у газоподібне чи рідке паливо — біогаз, біоетанол, біодизель.

Завдяки своїй універсальності біомаса використовується для виробництва тепла, електроенергії, палива для транспорту, а також як сировина для промислових процесів. У порівнянні з викопним паливом вона має меншу теплоту згоряння, проте є значно екологічнішою, оскільки вуглець, який виділяється при спалюванні, був раніше поглинутий рослинами. Таким чином, баланс викидів CO₂ залишається нейтральним.

В Україні біоенергетика активно розвивається протягом останніх років, особливо у сільському господарстві та комунальній теплоенергетиці. Основні напрями використання біомаси:

- Біогазові комплекси на фермах.

Відходи тваринництва та рослинництва переробляються у біогаз, який використовується для виробництва електричної та теплової енергії. Такі станції працюють у Полтавській, Черкаській, Вінницькій і Хмельницькій областях .

- Теплогенерація з агровідходів.

У сільських громадах та на підприємствах встановлюють котельні, які спалюють пелети або брикети з соломи, лушпиння соняшнику, відходів кукурудзи. Це дозволяє замінювати природний газ місцевими біоресурсами .

- Біоелектростанції та когенераційні установки.

У Підгірцях (Київська область) працює одна з найбільших біогазових станцій, що переробляє відходи полігону твердих побутових відходів у біогаз, який потім використовується для виробництва електроенергії. Подібні об'єкти функціонують на цукрових заводах і полігонах ТПВ у різних регіонах України

- Розвиток виробництва біопалива.

З'являються підприємства, що виготовляють пелети та брикети для експорту та внутрішнього споживання. Україна входить до десятки найбільших експортерів твердого біопалива до країн ЄС .

За оцінками Біоенергетичної асоціації України (UABIO), біомаса може забезпечити до 15% енергетичних потреб держави, що становить реальний потенціал для зменшення імпорту газу та підвищення енергетичної незалежності.

Висновок

Використання біомаси для спалювання в теплоенергетичних установках є одним із найефективніших напрямів розвитку сучасної енергетики. Це не лише альтернатива традиційним видам палива, а й реальний шлях до досягнення енергетичної безпеки та збереження навколишнього середовища. Біомаса допомагає зменшити залежність від імпортного газу, стимулює розвиток місцевих економік, створює нові робочі місця та сприяє сталому розвитку громад.

Її застосування дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи, що одночасно вирішує екологічні проблеми — зменшує кількість сміття, попереджає утворення метану та покращує стан довкілля. Біоенергетичні проекти мають значну економічну вигоду: хоча початкові витрати є високими, окупність становить лише кілька років, після чого виробництво енергії стає стабільним і малозатратним.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт Конференції ООН зі зміни клімату COP26. — <https://ukcop26.org/>
2. Біоенергетична асоціація України (UABIO). *Що таке біомаса?* — <https://uabio.org/activity/uabio-analytics/>
3. Сидоренко П. І. *Біоенергетика: технології, ресурси, перспективи розвитку*. — Наукова думка, Київ, 2020.
4. European Commission. *Renewable Energy Directive (RED II)*. — https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy_en

5. International Energy Agency (IEA). *Bioenergy – Tracking Clean Energy Progress*. – <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy>

6. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. *Потенціал біомаси в енергетиці України*. – Біоенергетика, №2, 2021. – <https://uabio.org/materials/>

7. Міністерство енергетики України. *Національний план розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року*. – <https://mev.gov.ua>

8. United Nations Development Programme (UNDP). *Sustainable Bioenergy for Eastern Europe*. – <https://www.undp.org/publications/sustainable-bioenergy-eastern-europe>

УДК 921.1

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Грива Є. М., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. На світовому рівні біоенергетика вже стала ключовою складовою «зеленої» енергетики: понад половина відновлюваної енергії у Європі виробляється саме з біомаси.

Біоенергетика — це галузь енергетики, що використовує біомасу (рослинні, тваринні та органічні відходи) для виробництва теплової, електричної енергії та палива. Вона є частиною відновлюваної енергетики та важливим елементом переходу до «зеленої» економіки.

Країни, такі як Німеччина, Данія, Швеція та Бразилія, демонструють успішні приклади інтеграції біопалива у транспортну, теплову та електроенергетичну системи. Лідери біоенергетики: США, Бразилія, Німеччина, Швеція, Данія. У Європі біоенергетика забезпечує понад 50% усієї відновлюваної енергії. Бразилія активно виробляє біоетанол із цукрової тростини. У країнах ЄС діють програми підтримки виробництва біопалива та біогазу.

Доцільність і актуальність:

- Вичерпність викопних ресурсів і зростання цін на енергоносії.
- Необхідність зменшення викидів CO₂ і боротьба зі змінами клімату.
- Можливість утилізації органічних відходів і створення замкнених енергетичних циклів.
- Розвиток біоенергетики сприяє енергетичній незалежності держави та створенню робочих місць у сільських регіонах.

Україна має значний потенціал у біоенергетиці: великі площі аграрної сировини, можливість використання відходів сільського господарства. За словами Георгія Гелетухи (Біоенергетична асоціація України), сектор біоенергетики зростає темпами близько 33 % на рік і становить близько 80 % від усіх відновлюваних джерел енергії. Основні напрями діяльності: виробництво

біомаси, біогазу, біометану, розвиток ринку біомаси/біопалива аграрного походження. Серед проблем: відсутність чіткої дорожньої карти для галузі, нерозвиненість ринку біомаси та біогазу, регуляторні бар'єри.

Для України розвиток біоенергетики має подвійне значення. З одного боку — це шлях до енергетичної незалежності та зменшення імпорту газу, з іншого — можливість для аграрного сектору створити додану вартість на місцях, виробляючи енергію з відходів. За оцінками експертів Біоенергетичної асоціації України (Г. Гелетуха), біоенергетика вже становить понад 80 % у структурі відновлюваних джерел енергії країни та має потенціал замінити близько 20 млрд м³ природного газу щорічно.

До 2030 року Україна може виробляти до 1 млрд м³ біометану, що дозволить замінити значну частину природного газу. Біометан України може забезпечити до 30 % потреб Європейського Союзу в біопаливі. Біоенергетика розглядається як шлях до енергетичної незалежності України. Планується розширення площ вирощування біоенергетичних культур до 1 млн га. Для досягнення цілей необхідне стабільне законодавче регулювання, розвиток ринку біомаси та підтримка інноваційних технологій.

Переваги та недоліки використання біомаси

Переваги:

- Відновлюваність і екологічність.
- Зменшення парникового ефекту.
- Можливість переробки відходів.
- Локальне виробництво енергії.

Недоліки:

- Потреба у великих земельних площах для вирощування енергетичних культур.
- Витрати на збирання, транспортування та переробку біомаси.
- Конкуренція між вирощуванням енергетичних і продовольчих культур.

Висновки

Отже, біоенергетика — це шлях до сталого майбутнього, який поєднує енергонезалежність, екологічну безпеку та розвиток економіки. За умови послідовної державної політики й підтримки інновацій Україна має всі передумови, щоб до 2030 року стати одним із лідерів біоенергетики в Європі.

До 2030 року Україна може стати вагомим гравцем на європейському ринку біометану, виробляючи до 1 млрд м³ цього палива. Це не лише зменшить вуглецевий слід економіки, а й створить нові робочі місця, залучить інвестиції у сільські території та підвищить конкурентоспроможність національної енергосистеми.

Однак для реалізації цього потенціалу необхідно подолати низку викликів:

- створити прозорий ринок біомаси й біопалива;
- удосконалити законодавство і систему стимулів;
- розвинути логістичну та технологічну інфраструктуру;
- забезпечити навчання фахівців і поширення інновацій.

Список використаних джерел

1. <https://saf.org.ua/news/2272/> тенденції розвитку біоенергетики в країнах світу: що змінилося за результатами 2024? 26/03/25
2. https://uabio.org/wp-content/uploads/2021/03/1.EU4USociety_presentation-bioenergy-1.pdf графіки, діаграми – Світ
3. <https://epravda.com.ua/columns/2021/04/30/673528/>
4. Георгій Гелету́ха доктор технічних наук, голова правління біоенергетичної асоціації України Якою буде біоенергетика України в 2050 році (Економічна правда) <https://epravda.com.ua/columns/2021/09/01/677373/>
5. Гелету́ха Георгій Георгійович 2021 р. Науково-технічні засади виробництва енергії з біологічних видів палива 05.14.08 – перетворювання відновлюваних видів енергії Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук <https://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/02/avtoreferat-geletuhi-g.g..pdf>

УДК 629.113

ВІБРАЦІЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Грива Є.М., Ковальов О.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуті причини втрати працездатності колінчастого валу у функції призначення внаслідок виникнення вібрації в системі.

Незважаючи на конструктивну міцність і жорсткість, жоден колінчастий вал не є на 100% жорстким, а це означає, що всі колінчасті вали згинаються та деформуються, коли до них прикладають сили, зміщені від центру.

Бічна сила визначається крутним моментом, що виникає під час згоряння палива в циліндрі, в цьому випадку момент, що крутить, дорівнює силі, що діє під тиском згоряння, помноженої на відстань зсуву між центральною лінією основного підшипника і центральною лінією шийки підшипника. Доданим є вплив інерції колінчастого валу, зміна динамічних зазорів, а також маса та інерція маховиків, гідротрансформаторів (рис. 1).

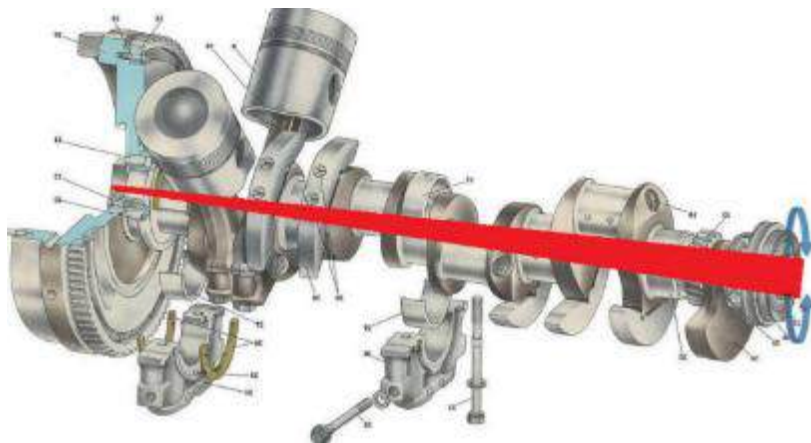


Рисунок 1 - Вигин колінчастого валу

Згідно з (рис. 1), червона лінія, що звужується, перетинає центральну лінію колінчастого валу, являє собою деформації колінчастого валу, викликані крутним моментом, а сині стрілки представляють поворотно-поступальні коливання, які виникають при поглинанні деформацій колінчастим валом. Однак червона лінія розширюється до передньої частини двигуна, що відображає той факт, що амплітуда деформацій, викликаних крутним моментом, поступово збільшується у напрямку до передньої частини колінчастого валу.

Розглянемо принцип навантаження колінчастого валу. Поршень надає спрямовану вниз силу, що має дію за 100 градусів повороту колінчастого валу, при цьому частина цієї сили втрачається в результаті вигину колінчастого валу, оскільки всі колінчасті вали за своєю природою гнучкі. Опісля повороту на 100 градусів колінчастий вал намагається повернутись у нейтральний стан, але, повертаючись назад, виходить за межі нейтрального положення і в наслідку деформується у протилежному напрямку. Це створює коливання, які можуть згасати або не згасати в залежності від довжини колінчастого валу, діаметра корінних підшипників і шийок, частоти обертання двигуна, порядку запалювання суміші в циліндрах, зміни динамічних зазорів і, звичайно, енергії початкової низхідної сили.

Тим не менш, що важливіше, амплітуда коливань варіюється в залежності від положення поршня, що викликає коливання. Наприклад, якщо коливання йде від поршня, що є найближчим до маховика/трансформатора крутного моменту, початкова деформація і подальші коливання є незначними, оскільки маса і інерція маси, що здатна швидко обертатися, є за дією ефективним гасником вібрації. Однак чим далі від маховика/гідротрансформатора знаходиться поршень, тим більше стає початкова деформація і виникають у наслідку коливання. Це впливає із здатності маси, що обертається, поглинати або опиратися початковій деформації та можливістю поглинання за довжиною колінчастого валу між обертовою масою і поршнем, що здійснює деформацію. У сукупності означені фактори викликають поступове збільшення амплітуди коливань колінчастого валу до його передньої частини, яка може досягати двох градусів повороту колінчастого валу в протилежних напрямках.

Слід зазначити, що два градуси повороту колінчастого валу – це крайній випадок. У переважній більшості двигунів, коливання колінчастого валу рідко перевищують близько одного градуса, але навіть у цьому випадку цього достатньо, щоб зруйнувати колінчастий вал. Якщо гасник крутильних коливань не є ефективним для стабілізації колінчастого валу, очікуваний термін служби цього валу складатиме декілька годин у наслідку формування втомного руйнування.

Окрім цього втрата працездатності колінчастого вала обумовлена і дією критичних обертів. Двигун проходить через кілька основних критичних швидкостей у всьому своєму робочому діапазоні. Проте через природу резонансів і гармонік в повному обсязі резонанси небезпечні чи шкідливі, тому

критичні оберти двигуна класифікуються як основні критичні оберти двигуна чи другорядні критичні оберти двигуна.

Критична частота обертання колінчастого валу (об/хв) - це частота, за якої вібрація, що викликана крутним моментом, утворювана за частотою, що відповідає власній частоті вібрації колінчастого вала. У стані набуття, дві частоти резонують одна з одною, і якщо ситуація зберігається досить довго, резонансні частоти можуть посилюватися до тих пір, поки об'єднана частота не стане достатньо потужною, щоб спричинити втомне руйнування колінчастого валу.

Слід зазначити, що основні критичні оберти двигуна можуть викликати і дійсно призводять до поломок колінчастого валу, вони також можуть викликати й інші наслідки, такі як зрізання шпонок шківів кривошипа, зріз болтів маховика та натискного диска зчеплення, надмірне та прискорене зношування колінчастого валу, ланцюга приводу ГРМ і навіть ушкодження підшипників первинного валу механічної коробки передач та підшипників шестерні диференціала заднього приводу.

На незначних критичних обертах двигуна, вібрації колінчастого валу, викликані крутним моментом, можуть існувати на декількох різних частотах, але замість того, щоб посилювати один одного, ці вібрації викликають гармоніки, які нейтралізують один одного, тим самим сприяючи гасінню вібрацій.

Список використаних джерел:

Ковтун І.О., Блезнюк О.В. Зниження рівня вібрацій в автомобілі. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 67-69.

Сорокін С.П., Блезнюк О.В., Горевий В.Ю., Борисов А.В. Означення напрямку визначення технічного стану механічно-структурної складової двигуна / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». Київ: НУБіП України, 2024. С. 134-140.

УДК 629.113

КРУТИЛЬНІ КОЛИВАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Грива Є.М., Ковальов О.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Визначені причини утворення крутильних коливань, розкриті наслідки і шляхи зменшення негативного впливу щодо резонансних амплітуд коливань та ударних навантажень в підшипниках ковзання колінчастого валу.

Теоретичні і експериментальні дослідження крутильних коливань колінчастого вала в більшій мірі ґрунтуються на питаннях міцності саме колінчастого вала (рис. 1). Відомо, що ударні навантаження в системі виникають в корінних і шатунних підшипниках колінчастого вала, а саме в спряженні “колінчастий вал-шатун-поршневий палець-поршень” [1]. У зв'язку із значним форсуванням двигунів внутрішнього згорання, використанням системи

впорскування Common Rail з підвищеною енергією впорскування змінною у часі, відстежуються не лише прояви резонансних крутильних коливань колінчастого валу, а й прояв шуму, вібрації, спостерігається підвищена витрата паливно-мастильних матеріалів, руйнування приводних механізмів тощо [2].

Визначимо, що за умови виникнення крутильних коливань з амплітудою φ_a шатунна шийка колінчастого валу здійснить переміщення на відстань Δ_a , яку можна визначити за допомоги виразу:

$$\Delta_a = r \cdot \operatorname{tg} \cdot \varphi_a, \quad (1)$$

де r - радіус кривошипа; φ_a - амплітуда кута закручування (рис. 2).



Рисунок 1 - Злам колінчастого валу

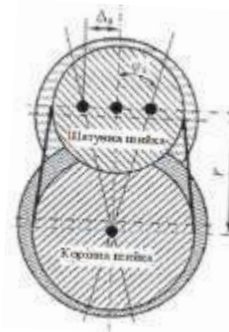


Рисунок 2 - Схема переміщення кривошипа від крутильних коливань

В свою чергу, зміщення шатунної шийки в межах зазору підшипника, що викладане крутильними коливаннями, визначено зміщенням корінної шийки з меншим діапазоном, в межах зазорів підшипника корінної опори колінчастого валу. Відповідно, існує взаємозв'язок між вібраціями двигуна і ударними процесами, що виникають в підшипниках ковзання колінчастого валу і крутильними коливаннями системи.

Крутильні коливання колінчастого валу можна визначити за допомоги ряду засобів, як датчика торсіографа, який крипиться на носок колінчастого валу, що вносить деяку похибку при визначенні інтенсивності коливального руху в системі. Слід зазначити, що стосується автомобільних двигунів, максимальний кут закручування має носок колінчастого валу, а вузол коливань знаходиться в межах маховика. Щодо визначення взаємозв'язку крутильних коливань системи і вібрації дизельного двигуна, система може бути облаштована двома датчиками, а саме торсіографа, що крипиться на носок колінчастого валу і п'єзоакселерометра, що крипиться за допомоги шпильки на стяжний болт першої корінної опори з орієнтацією під кутом в 90 градусів до осі колінчастого валу за горизонтальним напрямом.

Аналогові данні з торсіографа підлягають оцифровуванню, а данні за вібрацією визначені вібровимірювальною апаратурою, задля визначення резонуючих гармонік використовується перетворення Фур'є. У якості оціночного показника рівня вібрації приймається середньоквадратичне значення

віброприскорення та спектральна складова з частотою в 250 Гц за шириною полоси пропуску в 316 Гц. Найбільший резонанс спостерігається за частотою обертання колінчастого валу в 1900 хв^{-1} . Використання у якості прикладу силиконового демпфера крутильних коливань дозволяє зменшити резонанс крутильних коливань системи в широкому діапазоні (рис. 3, 4).

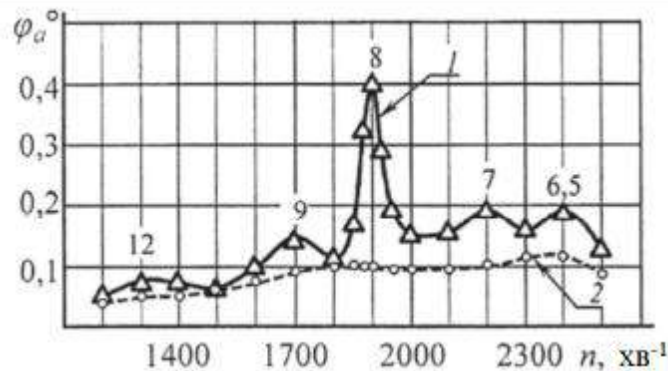


Рисунок 3 - Амплітуда кута закрутки носка колінчастого валу:
1 - без демпфера; 2 - з демпфером крутильних коливань;
6,5; 7; 8; 9; 12 - резонансні моторні гармоніки

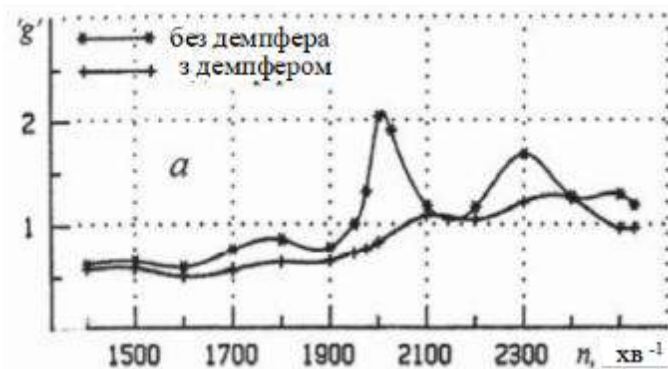


Рисунок 4 - Вібрація на стяжному болту блока циліндрів за спектром в 250 Гц

За умови, що амплітуда закручування носка колінчастого валу в $0,4^\circ$, амплітуда зміщення на вісі шатунної шийки складатиме 0,42 мм, а за умови подвійної амплітуди - відповідно 0,84 мм. З урахуванням того що зазор в підшипнику ковзання знаходиться в межах 0,07-0,1117 мм, прийдемо до висновку, що відбувається удар шатунної шийки о шатунний підшипник. На радіусі корінної шийки в 42,5 мм подвійна амплітуда буде дорівнювати 0,6 мм, що також викликає ударні навантаження в підшипнику ковзання. При цьому демпфер крутильних коливань дозволяє знизити резонансні коливання і амплітуду кута закручування носка колінчастого вала, але і мінімальні величини здатні утворювати ударні навантаження в підшипниках ковзання колінчастого вала, що у підсумку призводить до втрати працездатності системи.

Список використаних джерел

4. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1 Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. Харків: Прапор, 2004. 384 с.

5. Блезнюк О.В. Алгоритми визначення технічного стану автомобільних транспортних засобів шляхом вібраційної діагностики. International Scientific Conference Trends, Issues, and Challenges in Modern Science(September 13, 2024), Cambridge, United Kingdom.

УДК 921.1

СЛАНЦЕВИЙ ГАЗ ЯК ПАЛИВО: ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ, АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ УКРАЇНИ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Мурадян Г., здобувач ВО

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

Анотація. У сучасних умовах енергетична незалежність є стратегічним пріоритетом для України. Наявність власних покладів газу дозволяє зменшити залежність від іноземних постачальників, стабілізувати економіку та зміцнити енергетичну безпеку.

Досвід США та Канади показує, що сланцевий газ може стати ключовим фактором енергонезалежності держави.

Для України це не просто альтернативне паливо — це можливість побудувати стійку та безпечну енергосистему майбутнього. При правильному контролі, сучасних технологіях та відповідальному підході сланцевий газ може стати потужним ресурсом розвитку на найближчі десятиліття.

Сланцевий газ — це різновид природного газу, що знаходиться у щільних сланцевих породах. Фактично він є таким самим за складом, як і звичайний природний газ, однак через особливості залягання його видобуток складніший. Для отримання сланцевого газу застосовують метод фрекінгу (гідророзриву пласта): у товщу порід під високим тиском закачують воду з піском та хімічними реагентами. Порода тріскається, і газ виходить на поверхню.

Світовий попит на сланцевий газ зростає, оскільки він дає можливість країнам зменшити залежність від імпорту палива. Найбільші міжнародні видобувачі - США, Канада та Китай. Сланцевий газ став важливою складовою енергетичної стратегії держав, що прагнуть економічної самостійності та стабільності.

Світовий досвід

- США: понад 70% світового видобутку, країна стала енергетично незалежною та експортує газ до Європи.
- Канада: активно видобуває та експортує.
- Китай: інвестує у технології фрекінгу.

- Аргентина, Австралія, Великобританія: розвивають власні родовища та залучають інвестиції.

Україна має великі потенційні запаси сланцевого газу приблизно до 1,2 трлн м³, що може забезпечити країну газом на багато десятиліть. Найперспективніші райони видобутку – Дніпровсько - Донецький басейн, Львівсько - Волинський басейн та Одеський шельф.

Основні переваги для України:

- суттєве зменшення імпорту газу;
- підвищення енергетичної безпеки;
- розвиток промисловості та нові робочі місця;
- можливість стати регіональним експортером.

Для успішного розвитку галузі необхідно:

- дотримуватись екологічних стандартів;
- інвестувати в інфраструктуру;
- забезпечити прозорість та державний контроль;
- залучати іноземні технології та фахівців.

Переваги сланцевого газу

1. Енергетична незалежність.

Країни можуть використовувати власний ресурс, а не залежати від імпортних поставок. Це підвищує стабільність енергоринку.

2. Зниження вартості енергії.

Значний видобуток сланцевого газу у США суттєво зменшив ціну на газ, що позитивно вплинуло на промисловість і побутових споживачів.

3. Створення нових робочих місць.

Видобуток, транспорт, обробка — цілий ланцюг виробництва забезпечує економічний розвиток регіонів.

4. Зменшення імпоротної залежності.

Власні ресурси знижують потребу закуповувати паливо за кордоном, що зміцнює економіку.

5. Резервний ресурс.

Сланцевий газ може виступати страховкою у випадку перебоїв з поставками енергоносіїв.

Недоліки та ризики

1. Екологічні загрози.

При недотриманні технологій реагенти можуть потрапити у ґрунтові води, тому необхідний суворий контроль.

2. Велика потреба у воді.

Один цикл фрекінгу може потребувати мільйонів літрів води, що може спричиняти додаткове навантаження на регіони.

3. Можливість мікросейсмічних явищ.

Розрив порід інколи провокує невеликі землетруси.

4. Висока стартова вартість.

Видобуток потребує дорогих технологій та розвиненої інфраструктури.

Висновок

Сланцевий газ є перспективним та стратегічно важливим видом палива, що здатний підвищити енергетичну безпеку та економічний розвиток України. Технологічний прогрес робить його видобуток дедалі ефективнішим, проте необхідно суворо дотримуватися екологічних норм. Розумна державна політика, інвестиції та контроль можуть перетворити сланцевий газ на один із ключових елементів енергонезалежності України.

Список використаних джерел

1. Видобуток сланцевого газу в Україні. Проблеми та перспективи
2. ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ: ЗА Й ПРОТИ
3. Сланцевий газ в Україні – перспективи і виклики

УДК 629.113

АВТОМОБІЛЬНЕ ЗЧЕПЛЕННЯ, МОЖЛИВІ НЕСПРАВНОСТІ

Живченко І.О., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуті та класифіковані основні невідповідності автомобільного зчеплення, визначені можливі несправності.

Зчеплення – це перший компонент трансмісії, що приводиться в дію колінчастим валом двигуна. Зчеплення дозволяє водієві контролювати потік потужності, крутний момент, між двигуном і коробкою передач.

Механізм вимкання зчеплення дозволяє оператору керувати зчепленням, як правило, він складається з вузла педалі зчеплення, механічної тяги, троса або гідравлічного контуру та вилки зчеплення, деякі виробники включають вижимний підшипник до складу механізму вимкання зчеплення.

За умов виконання функції призначення, зчепленням створюється ряд умов, що забезпечують її працездатність. На ряду із забезпеченням функції призначення можна виділити і функції втрати працездатності. Основні фактори впливу на втрату працездатності технічної системи, це: зчеплення не поділяється; вібрація зчеплення; пробуксування зчеплення; зчеплення видає шум; утруднена робота педалі зчеплення тощо, невідповідність технічним умовам представлена на (рис. 1).

Згідно з (рис. 1, а) - зчеплення не поділяється, можливо під час транспортування або монтажу на автомобіль були втрачені або пошкоджені деталі, необхідно послідовно і відповідно закрутити болти зчеплення, перевіряючи рівень крутного моменту, необхідно встановити на авто деталі, що відповідають каталожному номеру. За інших невідповідностей - знос у точках опори притискної пластини (рис. 2, б); зламане опорне кільце (рис. 2, в); зламана пружина зчеплення (рис. 2, д); зчеплення неправильно встановлене на маховик

(рис. 2, е); не відповідна товщина диска зчеплення (рис. 2, ж); розміри сердцевини диска не відповідні (рис. 2, и); поверхня тертя диску зчеплення невідповідна (рис. 2, к); диск зчеплення змонтований невідповідно (рис. 2, л); неспіввісність циліндра зчеплення (рис. 2, м); зношений кінцевик кульки вилки зчеплення (рис. 2, н); кінцевик вихідного валу коробки передач не відповідає параметрам (рис. 2, п), нерівна поверхня диска зчеплення (рис. 2, р), нерівна поверхня маховика (рис. 2, с), зчеплення працює з вібрацією (рис. 2, т) [1], помилка в експлуатації водієм (рис. 2, у).

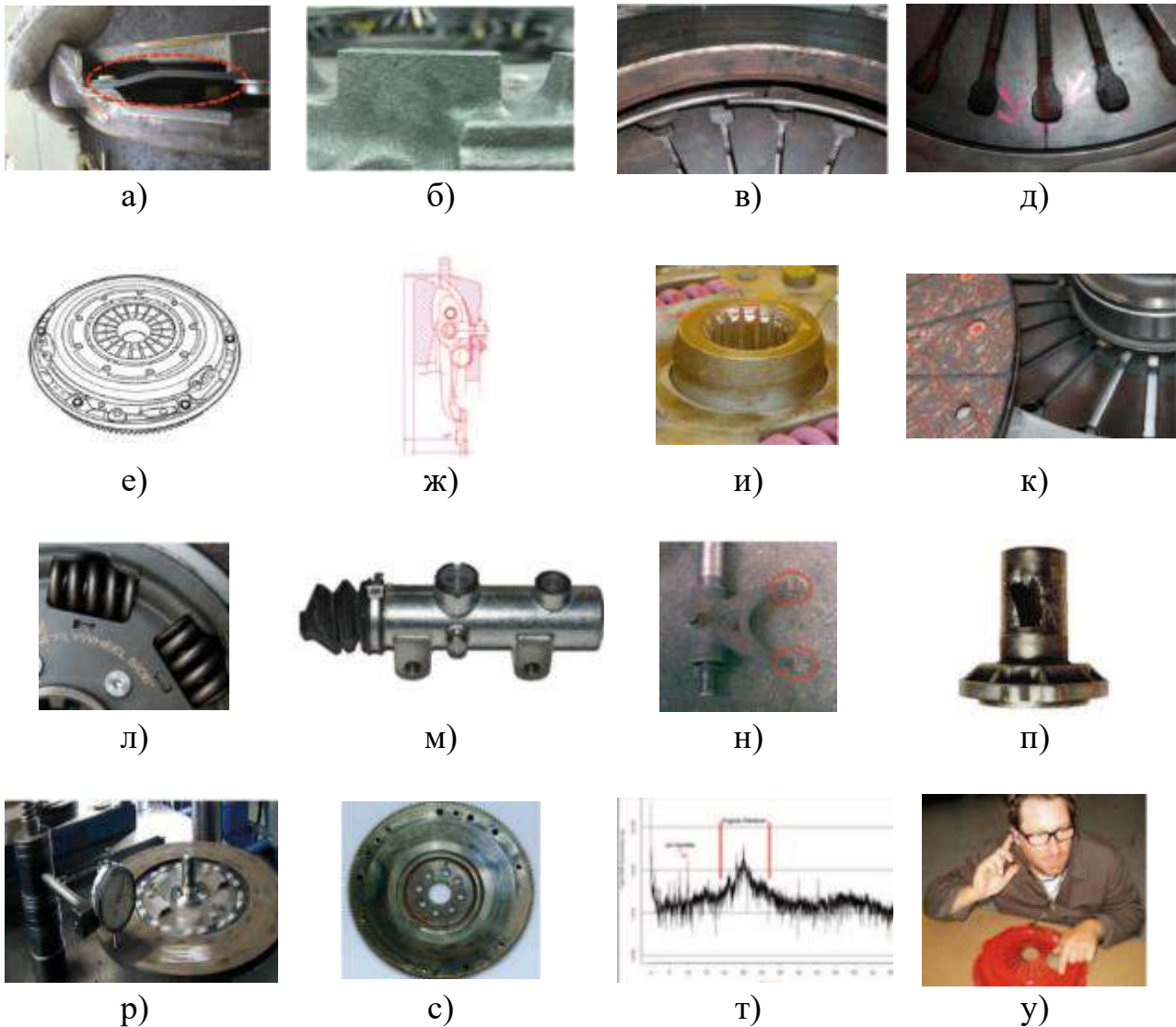


Рисунок 1 - Невідповідність технічним вимогам зчеплення

Вібрація зчеплення визначена параметрами: якість тертя в зчепленні невідповідна; замасленість або згоряння диска зчеплення; нерівна поверхня маховика; зношена вилка зчеплення; зношена або неправильно вирівняна, відцентрована, вхідна вісь коробки передач; зламані або обірвані монтажні брекети двигуна або коробки передач; система загалом працює з вібрацією; помилка експлуатації водієм.

Пробуксування зчеплення визначено: зчеплення неправильно вмонтовано на маховику; не підходить пальцева висота пружини, діафрагми; не підходить якість поверхні тертя зчеплення; зчеплення неправильно вмонтовано на маховику; замаслено набір кожуха або диск зчеплення; проблема центру основного, нижнього циліндра зчеплення авто; кожух вхідної осі коробки передач вигнутий або нерівний; нестандартні модифікації автомобіля; помилка експлуатації водієм.

Зчеплення видає шум: використання непридатного для автомобіля механізму кожуха зчеплення або диска зчеплення; високий рівень звуку роботи зчеплення; не підходить якість поверхні тертя зчеплення; замасленість або згоряння диска зчеплення; пошкоджено механізм диска зчеплення; зламані або обірвані монтажні брекети двигуна чи коробки передач; система загалом працює з вібрацією; помилка експлуатації водієм.

Утруднена робота педалі зчеплення: використання непридатного для автомобіля механізму кожуха зчеплення або диска зчеплення; зношені наконечники пальців пружини, діафрагми; зчеплення неправильно встановлено на маховику; наявність у системі стороннього предмета; диск зчеплення неправильно встановлено на автомобіль; несправності інших елементів системи.

Список використаних джерел:

1. Ковтун І.О., Блезнюк О.В. Зниження рівня вібрацій в автомобілі. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 67-69.

УДК 629.113

ПЕРЕСУВНИЙ ЗАСІБ З ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АВТОМОБІЛІВ

Живченко І.О., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Визначені перспективи використання пересувних засобів технічного сервісу підприємствами автомобільного транспорту.

За ймовірнісних умов використання автомобільних транспортних засобів відбувається зміна технічного стану складових: деталей, вузлів, систем, агрегатів тощо. Передусім це пов'язано зі складними процесами зношування, що пов'язані з корозією, деформацією, накопиченням втоми, забрудненням та ін., що мають в більшій мірі необоротний характер і як наслідок втрата працездатності, виникнення відмов, несправностей [1].

Сучасні методи, засоби діагностики, технічного контролю визначені інтелектуалізацією процесів діагностики [2]. Даний підхід базується на вирішенні питання прогностики зміни технічного стану транспортних засобів, визначення залишкового ресурсу у часі експлуатації, зменшення впливу людського фактора на прийняття рішення. Відповідно, актуальним є питання підвищення рівня забезпеченості підприємств автомобільного транспорту

пересувними засобами технічного сервісу, що мають у своїй комплектації сучасне інтелектуальне діагностичне обладнання (рис. 1).



Рисунок 1 - Пересувний засіб з технічного сервісу “Locker”

За допомоги сучасного пересувного засобу “Locker” можна в короткий термін відновити працездатність транспортного засобу завдяки високому рівню професійної підготовки фахівців з технічної діагностики, ремонту. В свою чергу рівень підготовки фахівців визначається знаннями: об'єкта діагностування, закономірностей зміни його технічного стану і типових несправностей, їх діагностичних параметрів, методів, засобів і діагностичних моделей, алгоритмів діагностування, прогнозування залишкового ресурсу тощо.

Список використаних джерел:

1. Блезнюк О.В., Дідус С.С. Дослідження впливу інтенсивності зношування розподільного валу на ефективність роботи впускної системи двигуна внутрішнього згоряння. Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 23-24 листопада 2023 року; Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. С. 55-57.
2. Шевченко І.О., Макаренко М.Г., Блезнюк О.В. Прогнозування технічного стану автомобільних трансмісій на основі інтегрованого аналізу вібраційних і акустичних характеристик із застосуванням передових методів штучного інтелекту та моделювання перехідних процесів // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів №26' 2025. С. 149-162. <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.149-162>.

УДК 629.113

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ АГРОПІДПРИЄМСТВА

Рибак Т.В., Блезнюк О.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуті аспекти запровадження системи технічного сервісу до виробничої бази агропідприємства “Відродження” Кіровоградської області.

Підвищення експлуатаційної надійності вантажних автомобілів агропідприємства “Відродження” визначено впровадженням ряду організаційно-технічних рішень. Першочерговою передумовою підвищення є інформаційний і технічний розвиток підприємства, що базується на впровадженні сучасних науково-технічних методик ведення виробничої діяльності.

В більшій мірі інформаційне забезпечення служби технічного сервісу формується достатньою кількістю комп'ютерної техніки із програмним забезпеченням таких розробників як “Carbook”, “Modalkon” [1, 2]. Наразі для агропідприємства доцільним є запровадження у якості інформаційної і технічної підтримки програмного забезпечення від офіційного дилера Scania. Дане розуміння обумовлено наявною кількістю, понад сорока, вантажних автомобілів, представлених оливовозами та зерновозами Scania.

Services 360 Pro від Scania [3] дозволяє формувати та здійснювати аналіз баз даних щодо ефективності експлуатації вантажних автомобілів за різних виробничих умов, аналізувати майстерність кермувальника, витрату паливно-мастильних матеріалів за відповідного режиму руху, і саме головне оцінювати зміну технічного стану складових і автомобіля в цілому у часі.

Перевагою запровадження визначеної системи підтримки є можливість формування системи технічного сервісу вантажних автомобілів з урахуванням їх дійсного технічного стану спираючись на діагностичні показники, допустимі межі зміни діагностичного параметру, що визначається з урахуванням впливу інтенсивності зміни складової технічного стану на ресурсний показник автомобіля (рис. 1).

На етапі реалізації означеної програми визначається періодичність діагностування і відповідно допустимі межі зміни діагностичного параметра у часі експлуатації, що будуть відповідати значенням параметрів до технічного стану складової або автомобіля у цілому [4]. Відповідно за оціночними результатами величин діагностичних параметрів, які відповідно відносяться до особленого елементу, здійснюється прогностика показника експлуатаційної надійності на відповідному рівні, що дає змогу встановити передбачуване напрацювання до наступної точки контролю технічного стану, виконання діагностичних операцій.

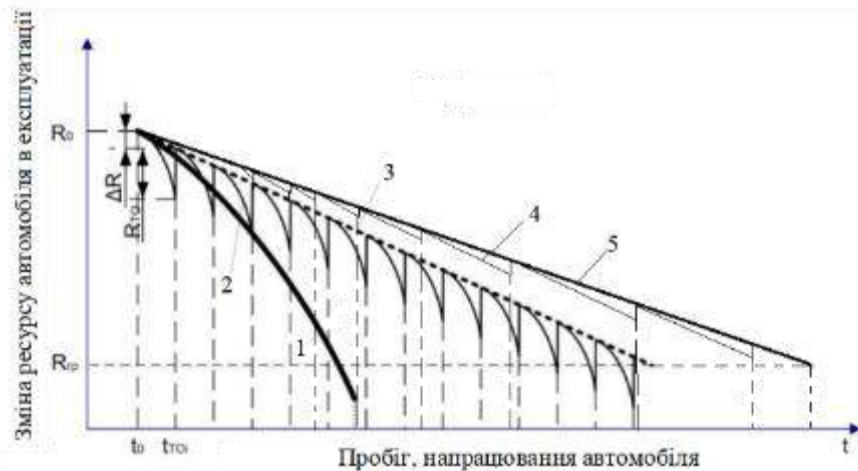


Рисунок 1 - Залежність зміни ресурсу автомобіля в залежності від періодичності їх обслуговування: 1 - загальний ресурс за профілактичних технічних впливів або відновлення працездатного стану у відповідності до ймовірнісної відмови вантажного автомобіля; 2 - виконання технічних впливів за строгою періодичністю дозволяє рівномірно витрачати ресурс; 3 - загальний ресурс за рівномірними впливами; 4 - зміна ресурсу за різної періодичності технічних впливів; 5 - загальний ресурс за нерівномірним впливом визначеним фактичним технічним станом: ΔR – втрата ресурсу в процесі експлуатації; R_{TO} – відновлюваний ресурс при ТО; R_0 – початковий ресурс при, $t=t_0$; R_{GP} - граничний ресурс, при $t=t_{GP}$

Елементом технічної підтримки є засоби контролю технічного стану які формують інформацію за двома підходами, за першим, можливість здійснювати безперервний контроль технічного стану виробу, завдяки впровадженню різноманітних датчиків та електронних систем контролю, за другим, впровадження зовнішніх діагностичних засобів (рис. 2), визначених періодичним контролем технічного стану складових вантажного автомобіля.



Рисунок 2 - Сканер для діагностики: а) Scania VCI-2 б) Scania VCI-3

Другий підхід реалізації програми технічного сервісу з використанням діагностичних сканерів за визначеними протоколами діагностування ресурсовизначальних систем і агрегатів дозволяє в цілому найбільш раціонально підійти до питання контролю зміни технічного стану вантажних автомобілів

агропідприємства “Відродження” Кіровоградської області та сформувати виробничу базу систем технічного сервісу автомобілів.

Список використаних джерел

1. Програмне забезпечення Carbook <https://carbook.mobi/>.
2. Програмне забезпечення ModalKon <https://modalkon.com.ua/products/repair-vehicles-management/>.
3. Scania Services 360 Pro <https://www.scania.com/ua/uk/home/services/services-360/pro.html>.
4. Шевченко І.О., Макаренко М.Г., Блезнюк О.В. Прогнозування технічного стану автомобільних трансмісій на основі інтегрованого аналізу вібраційних і акустичних характеристик із застосуванням передових методів штучного інтелекту та моделювання перехідних процесів // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів №26' 2025. С. 149-162. <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.149-162>.

УДК 629.33

ТРАНСМІСІЯ, ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ. ВИДИ ТРАНСМІСІЙ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Грищенко М.М., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

Трансмісія в машинобудуванні є сукупністю механізмів, що з'єднують двигун з ведучими колесами автомобіля, а також системи, що забезпечують роботу трансмісії. Її призначення полягає у передачі крутного моменту від двигуна до коліс, зміни тягових зусиль, швидкостей та напрямки руху в залежності від типу та умов руху.

Трансмісія – це поєднання таких вузлів та агрегатів, як зчеплення, КПП, головна передача, диференціал, кардан.

Зчеплення призначене для плавного з'єднання/від'єднання КПП із двигуном. Розрізняють сухе та мокре зчеплення. Воно складається з: тісно взаємопов'язаних дисків, маховика з кошиком, вилки включення, первинного валу КПП. Коробка передач (КПП) призначена для перетворення та розподілу крутного моменту двигуна та подальшого доведення його до провідних коліс, а також для зміни обсягу тягових зусиль при різних умовах руху. Головна передача – призначається для передачі крутного моменту безпосередньо до ведучого мосту і складається з півосі, веденої та ведучої шестерень, півосьових шестерень і шестерень-сателітів. Основним завданням головної передачі є збільшення крутного моменту силового агрегату та зменшення частот обертання ведучих коліс. Диференціал здійснює передачу, зміну та розподіл крутного моменту і може розташовуватися в картері (задній), у КПП (передній), у роздавальній коробці (4x4). Конструктивною особливістю є наявність планетарного редуктора. Складається з: корпусу (приймає крутний момент від головної передачі), жорстко зафіксованої на ньому веденої шестірні, осей з сателітами, що

обертаються, шестірня. Кардан – це один з найважливіших вузлів, що складається з валів, проміжної опори, шарнірів та шліців, муфти. І якщо передача неправильно відрегульована, з'являються неприємний шум, вібраційні коливання та інші несправності в роботі трансмісії.

Залежно від виду енергії, що перетворюється, розрізняють такі основні типи трансмісій: за конструкцією: механічна; гідрооб'ємна; електрична; гідромеханічна; електромеханічна. По зміні крутного моменту: ступінчаста; безступінчаста; комбінована. Кожному виду трансмісій властиві свої конструктивні та динамічні переваги та недоліки, що визначають їх та забезпечують «суперництво за право бути найбільш ефективною та економічною» для категорій водіїв.

Список використаних джерел

1. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: навчальний посібник. К.: Арістей, 2007. 288 с.

УДК 629.33

БЕЗСТУПІНЧАСТА ТРАНСМІСІЯ

Шевченко І.О., к.т.н., доцент, Грищенко М.М., здобувач ВО

Держаний біотехнологічний університет

На автомобілях з безступінчастою передачею, так само як шестерної або іншої, зміна швидкості руху здійснюється водієм, який прагне отримати максимальну швидкість, допустиму дорожніми умовами. Витрата палива залежить від обраного водієм графіка руху. Ціль застосування автоматичної системи зводиться до отримання або мінімального значення витрати палива, або максимальних динамічних характеристик на всіх режимах руху.

Безступінчаста трансмісія характеризується повною відсутністю передач.

Під безступінчастими передачами розуміються тільки несаморегульовані передачі, які мають зовнішній орган управління і не мають у широкому діапазоні внутрішньої здатності до зміни передавального відношення. До таких передач належать: електрична – двигун обертає генератор, електромотори; гідрооб'ємна – двигун обертає регульований гідронасос, потік масла по трубках подається в гідромотори (обертаючі колеса) – застосовуються на зернозбиральних комбайнах; гідродинамічна, вона ж гідротрансформатор – пристрій з розташованих відповідно коліс з лопатками, що перекидають масло між колесами – застосовується у більшості автоматичних коробок передач легкових автомобілів та автобусів; варіатор – механічна передача, заснована на передачі обертання (моменту) тертям через проміжне тіло (ремін, ролик, кулька), яке можна переводити в будь-яку точку змінного радіусу ведучого та/або веденого коліс, отримуючи зміну передатного відношення; комбінована – основний момент передається через звичайні механічні передачі, а менша частина моменту – безступінчасто, що дозволяє до певної міри поєднати переваги різних типів передач).

Основними частинами варіатора є: пристрій, що від'єднує колінчастий вал з трансмісією; варіативна швидкість; агрегат заднього ходу; блок управління контролю передачі моменту та прискорення; механізм автоматичного зчеплення відцентрової дії та електромагніт; трансформатор гідравлічного виду [1]. Безступенева передача потребує застосування спеціальної системи автоматичного управління [2]. Така система в основному необхідна для керування двигуном і передачею педалі, за допомогою якої водій змінює швидкість руху ТЗ.

У найпростішій системі управління кожному постійному положенню педалі відповідає певний режим роботи двигуна. При повному натисканні на педаль двигун працює на постійному режимі максимальної потужності, що забезпечує розвинути максимальну швидкість рівномірного руху або максимальні прискорення. При меншому натисканні на педаль двигун розвиває меншу потужність і працює на режимі, що відповідає найменшій витраті палива при цій потужності, що забезпечує рухи з мінімальною витратою палива.

На автомобілях з безступінчастою передачею, так само як шестерної або іншої, зміна швидкості руху здійснюється водієм, який прагне отримати максимальну швидкість, допустиму дорожніми умовами. Витрата палива залежить від обраного водієм графіка руху.

Ціль застосування автоматичної системи зводиться до отримання або мінімального значення витрати палива, або максимальних динамічних характеристик на всіх режимах руху.

Система при постійному положенні педалі підтримує постійним режимом роботи двигуна незалежно від величини моменту опору на колесах авто, але при його зміні виникає відхилення кутової швидкості двигуна. Регулятор, у разі цієї зміни, змінює передатне відношення безступінчастої передачі. Ця зміна відбувається до того моменту, поки не усунеться це відхилення і не встановиться колишня кутова швидкість двигуна.

Регулювання заданого режиму здійснюється за відхиленням кутової швидкості двигуна, а зміна налаштування системи на новий регульований режим – зміною положення дросельної заслінки двигуна.

Система керування безступінчастою передачею або точніше – система автоматичного регулювання режимів роботи двигуна за допомогою безступінчастої передачі, складається з об'єкта регулювання, що є інерційною поступальною масою, безступінчастою передачею та регулятором.

Внаслідок створення систем автоматичного регулювання режимів роботи двигуна автомобіля за допомогою безступінчастої передачі виникають такі питання: на яких режимах повинен працювати двигун із безступінчастою передачею; які можливі принципи дії систем регулювання режимів роботи двигуна за допомогою безступеневої передачі; яка специфікація та методи статичного та динамічного розрахунку та дослідження систем.

Характеристику мінімальної витрати палива ще не можна вважати оптимальною регуляторною характеристикою режимів роботи двигуна.

Оптимальна регуляторна характеристика на одних ділянках повинна збігатися з характеристикою мінімальної витрати палива, а на інших дещо відрізнятиметься від неї з метою усунення роботи двигуна на режимах з підвищеним зносом.

Завдання полягає в автоматичному регулюванні режимів роботи двигуна за допомогою безступінчастої передачі для здійснення роботи на найбільш вигідних режимах, що дозволяє отримати високі тягові та паливно-економічні якості ТЗ.

Список використаних джерел

1. Concepcion M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs – 2nd edition. Create Space Independent Publishing Platform, 2013. 76 p.

2. Посібник із системи безступінчатої трансмісії (CVT) сучасних автомобілів. URL: <https://dadaoenergy.com/uk/blog/cvt-definition/> (дата звернення: 05.11.2025).

Секція 2

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ ТА ІНЖЕНЕРІЯ
ТВАРИННИЦТВА**

УДК 631.362

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ ВІВСЯНИЦІ ЛУЧНОЇ ТА ЇЇ ЗАСМІЧУВАЧІВ

Михайлов А.Д. к.т.н., доц., Лазебний М.В., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Застосування віброфрикційного сепаратора дає можливість диференціації компонентів насінневої суміші вівсяниці лучної та її засмічувачів за допомогою граничного кута підйому. Є можливість видалити значну кількість насіння бур'янів та інших домішок без втрат насіння основної культури.

Мета досліджень. Дослідити потенціал розділення компонентів насінневої суміші вівсяниці лучної шляхом аналізу їхньої поведінки під впливом критичної швидкості, розмірних характеристик та граничного кута підйому.

Аналіз останніх досліджень. Отримання високого та якісного врожаю вівсяниці лучної значною мірою залежить від використання насіння з відмінними посівними якостями. Для цього важливо вчасно та ретельно обробляти зібране насіння основної культури, особливо очищаючи його від важковідокремлюваного насіння бур'янів, дефектного насіння вівсяниці лучної та інших домішок [3, 4].

У зв'язку з необхідністю підвищення якості насіння трав, зокрема вівсяниці лучної, та зменшення кількості відходів основного посівного матеріалу, триває активний пошук нових механізованих рішень для доочищення та сортування. Ці нові методи мають інтегруватися з існуючими технологічними лініями, що використовуються для сепарації насінневих сумішей.

Для ефективного розділення важливе розуміння та визначення фізико-механічних властивостей компонентів насінневої суміші, таких як їхня щільність, об'ємна маса, розміри, форма, стан поверхні, пружність та ін.

Основні матеріали досліджень. Аналіз розподілу критичної швидкості показав значне перекриття варіаційних кривих для насіння вівсяниці лучної, бур'янів та інших домішок, що робить неможливим ефективне використання аспіраційних каналів для очищення насіння.

Застосування даного методу сепарації для відділення засмічувачів від насіння вівсяниці лучної є малоефективним. Максимальний відсоток відокремленого насіння бур'янів становить лише 7,0%, що зумовлено незначною різницею у швидкості витання видів насіння основної культури і домішок та їх загальною схожістю.

Проведені дослідження і отримані дані дозволили побудувати варіаційні криві, що візуалізують розмірний склад насіння вівсяниці лучної, бур'янистих рослин та сторонніх домішок. Розподілення за шириною показало, що застосування решіт з круглими отворами дозволяє відокремити до 14,0% насіння лободи білої від насіння костриці лучної без значних втрат основної культури. Через практично ідентичні розміри насіння костриці лучної та мишію сизого, їх

розділення за допомогою решіт з круглими отворами є неможливим. Ефективність видалення інших домішок цим способом обмежена 9,0%.

Згідно з аналізом розподілу насіння за товщиною, решета з прямокутними отворами дозволяють відокремити до 12,0% насіння лободи білої. Проте, ефективність розділення насіння мишію сизого та інших сторонніх включень за допомогою зазначених решіт обмежена через їхню подібність за розмірами, що підтверджується накладанням варіаційних кривих. Завдяки сепарації, можливо видалити до 5,0% домішок, не втрачаючи при цьому насіння основної культури.

Трієрні циліндри виявляються неефективними для відділення насіння костриці лучної від різних засмічувачів. Це зумовлено схожістю довжини насіння основної культури та домішок, що демонструється перекриттям відповідних варіаційних кривих розподілення.

У процесі дослідження було встановлено, що граничний кут підйому відіграє вирішальну роль у фракціонуванні насіння костриці лучної за допомогою віброфрикційного сепаратора [1,2], робочим органом якого є неперфоровані фрикційні поверхні. Максимальні значення цього кута для окремих компонентів насінневої суміші були визначені експериментально на спеціальній установці.

Варіаційні криві ілюструють розподіл компонентів насінневої суміші костриці лучної за граничним кутом підйому, отриманих при використанні різноманітних робочих поверхонь. Ці поверхні були покриті матеріалами з відмінними фрикційними властивостями, включаючи технічну фанеру, брезент, абразивне полотно, бельтинг та гуму.

Використання похилої площини для сепарації насіння різних рослин є ефективним методом. Наприклад, якщо фанерну поверхню нахилити під кутом більше 8,5 градусів, можна отримати до 70,0% чистого насіння костриці лучної, майже без домішок і насіння бур'янів, таких як лобода біла, мишій сизий та інші.

Дослідження розподілу компонентів насінневої суміші костриці лучної на брезентовій поверхні демонструє високу ефективність у видаленні засмічувачів. Завдяки цьому методу можна відокремити значну кількість небажаного насіння бур'янів: 88,0% насіння лободи білої, 93,0% насіння мишію сизого та 94,0% інших сторонніх включень.

Найкращий спосіб очистити насіння костриці лучної від бур'янистих рослин, зокрема марі білої та мишію сизого, - це застосування абразивного полотна. Така сепарація забезпечує майже повне видалення насіння бур'янів.

Інші варіанти очищення, такі як використання поверхонь з бельтингом або гумою, також можливі. Проте, вони менш ефективні. Використання бельтингу та гуми призводить до отримання меншої кількості чистого насіння костриці лучної.

Висновки

Дослідження фізико-механічних властивостей насіння вівсяниці лучної та супутніх засмічувачів виявило високий ступінь їхньої подібності за критичною швидкістю та розмірами. Це суттєво обмежує ефективність традиційних методів сепарації, оскільки близькість розмірних та аеродинамічних параметрів

компонентів ускладнює їхнє розділення.

Застосування віброфрикційного сепаратора, розділення на якому відбувається за граничним кутом підйому, дозволяє видалити із насіння вівсяниці лучної значну кількість різних домішок без втрат насіння основної культури.

Найкращий спосіб очистити насіння вівсяниці лучної від засмічувачів, зокрема лободи білої, мишію та сторонніх домішок - це застосування тканого полотна (брезента) або абразивного полотна.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннеочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

УДК 631.362

ПРОЦЕС РОЗДІЛЕННЯ КОМПОНЕНТІВ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ ЦИБУЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Михайлов А.Д., доцент, Дорошко Д.О., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Використання вібраційної насіннеочисної машини дозволяє ефективно відокремити насіння цибулі від домішок, досягаючи виходу 94,5% насіння основної культури, яке відповідає високим посівним стандартам, навіть при роботі з некондиційним вихідним матеріалом.

Мета досліджень. Провести дослідження щодо доцільності застосування вібраційної насіннеочисної машини для виділення насіння цибулі з високою посівною спроможністю.

Аналіз останніх досліджень. Отримання стабільних та великих врожаїв цибулі значною мірою залежить від впровадження сучасних технологій, використання передової техніки та посіву якісного насіння. Важливу роль відіграє і правильна післязбиральна обробка насіння, адже саме вона забезпечує високу якість посівного матеріалу, що, в свою чергу, позитивно впливає на врожайність. Головна задача обробки – очищення насіння цибулі від важковідокремлюваних бур'янів та непридатного насіння основної культури.

Насіння цибулі часто містить домішки різних видів бур'янів, таких як гірчак, волошка, паслін, лобода, щириця, осот, амброзія та інші. Крім того, в

ньому можуть бути присутні інші сторонні домішки та некондиційне насіння, наприклад, недорозвинене, дрібне або пошкоджене.

Навіть найсучасніші машини для очищення насіння, як загального, так і спеціального призначення, а також інше обладнання, не завжди здатні забезпечити якісне розділення насіння багатьох культур, і насіння цибулі є яскравим прикладом такої проблеми [3, 4].

Основні матеріали досліджень. Перед використанням вібраційної насіннеочисної машини для кінцевого очищення та сортування сільськогосподарських сумішей, зокрема насіння цибулі після первинної обробки (коли залишається насіння важковідокремлюваних бур'янів), було проведено комплексне дослідження.

Це дослідження включало визначення фізико-механічних властивостей, ідентифікацію видів та підрахунок кількості бур'янів, а також оцінку наявності некондиційного насіння основної культури та інших характеристик вихідного матеріалу [1, 2].

Результати аналізу вихідної насінневої суміші цибулі продемонстрували її невідповідність встановленим стандартам якості. Вміст цільового насіння цибулі склав 91,3%, тоді як частка насіння бур'янів досягла 8,7%. Серед виявлених бур'янів були: пасльон (1,3%), лобода (1,7%), щирія (2,3%) та гірчак (1,9%). Крім того, було зафіксовано 0,8% некондиційного насіння цибулі. Показники схожості та енергії проростання склали відповідно 68,0% та 60,0%.

На початковій стадії досліджень було здійснено вибір та встановлення оптимальних конструктивних та кінематичних параметрів вібраційної насіннеочисної машини, призначеної для доочищення та сортування насіння цибулі.

В результаті експериментальних досліджень, вихідна суміш насіння цибулі була розділена на п'ять фракцій. Для вихідного насіння та кожної з виділених фракцій було проведено аналіз посівних якостей.

Сепарація насінневої суміші цибулі проводилася на вібраційній насіннеочисній машині, робочі поверхні якої були покриті брезентом.

Параметри роботи машини були оптимізовані наступним чином: амплітуда коливань – 1,1 мм, частота коливань – $170,0\text{ с}^{-1}$, кут спрямованості – $27,0^\circ$. Робочий орган машини мав кут нахилу: поздовжній – $3,1^\circ$, поперечний – $2,0^\circ$. Подача вихідної суміші насіння цибулі на одну робочу площину становила 8,9 кг/год.

Завдяки об'єднанню приймальників було сформовано п'ять фракцій насіння. Процес сепарації насіння цибулі на вібраційній насіннеочисній машині був одноразовим (за один пропуск).

Згідно з результатами аналізу, найбільший обсяг насіння цибулі (32,6% від загальної маси) було виділено в першому приймальнику. Цей процес призвів до значного покращення якості: чистота насіння основної культури в цій фракції зросла на 8,4% порівняно з вихідним матеріалом.

Засміченість насінням бур'янів у першому приймальнику була надзвичайно низькою, склавши лише 0,3%. Зокрема, було виявлено по 0,1%

насіння гірчаку, лободи та волошки.

Насіння пасльону та щириці повністю відсутнє в цій фракції. Це пояснюється суттєвими відмінностями у фізичних характеристиках насіння цих бур'янів (таких як шорсткість поверхні, пружні властивості та форма) порівняно з насінням цибулі, що унеможливило їх потрапляння до першого приймального. Крім того, до першої фракції потрапила незначна кількість (0,1%) некондиційного насіння.

Важливо, що схожість, енергія проростання та маса 1000 насінин у першій фракції зросли на 15,0%, 14,0% та 1,1 г відповідно, порівняно з аналогічними показниками вихідного насіння.

Друга фракція склала 31,9% від загальної маси насіння. Чистота насіння цибулі зросла на 7,3% порівняно з вихідним. Містила незначну кількість насіння бур'янів: 0,2% гірчаку, 0,3% лободи, 0,1% волошки, 0,2% пасльону та 0,3% щириці. Також містила 0,2% пошкодженого та дрібного насіння цибулі. Показники схожості та енергії проростання покращилися на 13,0% і 12,0% відповідно. Маса 1000 насінин цибулі збільшилася на 0,9 г порівняно з вихідним насінням.

До третього приймального потрапило 21,7% від загальної маси насіння. Чистота насіння цибулі досягла 98,4%, що на 7,1% вище, ніж у вихідному насінні.

Загальний вміст насіння бур'янів склав 1,6% (0,3% гірчаку, 0,5% лободи, 0,2% волошки, по 0,3% пасльону та щириці). Ця суміш містила 0,4% неповноцінного насіння цибулі.

Схожість та енергія проростання підвищилися на 11,0% та 10,0% відповідно. Маса 1000 насінин збільшилася на 0,3 г.

Ці зміни свідчать про ефективність процесу сортування, який дозволив виділити фракції з покращеними якісними характеристиками насіння цибулі.

Загальний обсяг фракції четвертої дорівнюється 8,3% від усієї маси насіння. Якість насіння цибулі в цій фракції покращилася: його чистота вища на 0,3% порівняно з вихідним матеріалом.

Вміст насіння бур'янів у цій фракції становить 1,9%. До його складу входять: гірчак: 0,4%, лобода: 0,6%, волошка: 0,1%, паслін: 0,3%, щириця: 0,5%.

Маса 1000 насінин у цій фракції збільшилася на 0,1 г порівняно з вихідним насінням.

Показники схожості та енергії проростання також зросли: схожість – на 9,0%, а енергія проростання – на 8,0%.

Об'єм п'ятого приймального склав 5,5% від загальної маси насіння. Вона характеризується низькою якістю: містить значну кількість насіння бур'янів та неповноцінного насіння цибулі.

Чистого насіння основної культури в цій фракції лише 37,6%, що на 53,7% менше, ніж у вихідному насінні.

У цій фракції 62,4% припадає на насіння бур'янів, зокрема: гірчак: 19,8%, лобода: 17,3%, волошка: 12,4%, паслін: 8,9%, щириця: 4,0%. Крім того, виявлено 21,7% неповноцінного насіння основної культури.

Якість насіння в цій фракції значно погіршилася: маса 1000 насінин зменшилася на 0,6 г, схожість знизилася на 26,0%, енергія проростання знизилася на 25,0% [5].

Висновки

Експериментальні дані свідчать про значне покращення посівних якостей насіння цибулі внаслідок його сепарації за сукупністю фізико-механічних показників.

Застосування вібраційної насіннесчисної машини, яка враховує відмінності шорсткості, пружності і форми компонентів суміші дозволяє підвищити концентрацію високоякісного насіння цибулі до 94,5%, що відповідає збільшенню вмісту насіння основної культури на 7,9%.

Ключовим аспектом є те, що процес доочищення включає фракціонування, під час якого слабе, пошкоджене та нежиттєздатне насіння виділяється в окрему, п'яту фракцію.

В результаті спостерігається зростання показників: схожість насіння збільшується на 12,0%, енергія проростання – на 9,0%, а середня маса 1000 насінин зростає на 0,5 г.

Таким чином, використання вібраційної насіннесчисної машини забезпечує не тільки ефективне видалення важковідокремлюваного насіння бур'янів, але й суттєво покращує посівні характеристики насіння цибулі, що сприяє оптимізації норми висіву та підвищенню потенціалу врожайності.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.
2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннесчисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.
3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.
4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.
5. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови. - К.: Держспоживстандарт України, 1994. - 73с.

УДК 631.362

ІНЖИНІРИНГ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА З БАГАТОЯРУСНИМИ ДЕКАМИ

Михайлов А.Д. к.т.н., доц., Бакум М.В. к.т.н., доц.,
Крекот М.М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розроблена конструкція віброфрикційного сепаратора з багатоярусними деками дозволяє досягти значно більшої продуктивності та якості очищення насіння. При цьому забезпечується раціональний баланс між пропускною здатністю та якістю кінцевого продукту.

Мета досліджень. Провести інженерний аналіз та оптимізувати конструкцію віброфрикційного сепаратора з багатоярусними деками.

Аналіз останніх досліджень. Оперативність післязбиральної обробки насіння є критично важливою для збереження якості та мінімізації втрат. Тому однією з визначальних вимог до насіннеочисних машин є їхня продуктивність, яка повинна відповідати обсягам виробництва. Відповідно, агропромислові підприємства потребують високопродуктивного обладнання. На жаль, значна частина українських господарств не забезпечена належним чином технікою для швидкої та якісної підготовки посівного матеріалу. Недостатня ефективність засобів механізації може призвести до негативних наслідків, зокрема, у контексті своєчасної обробки сипких матеріалів, включаючи насіння сільськогосподарських культур [3, 4].

Для ефективного розв'язання цієї проблеми необхідно комплексно підійти до питання очищення насіння. Це включає в себе як модернізацію існуючих насіннеочисних машин, так і створення принципово нових, які відповідають сучасним вимогам продуктивності та якості. Ключовим фактором є впровадження високопродуктивних технологій для післязбиральної обробки насінневих сумішей різноманітних культур.

Основні матеріали досліджень. На кафедрі агроінженерії ДБТУ удосконалено та розроблено лінійку віброфрикційних сепараторів, що різняться і характеризуються варіативністю конструкції робочих елементів, компоновальних рішень, геометричних параметрів та показників продуктивності [1,2].

Існує пряма залежність між обсягом обробки насіння сепаратором та кінцевою якістю цього насіння. Підвищення продуктивності віброфрикційного сепаратора, як правило, призводить до зниження якості очищення. Тому важливо знайти оптимальний баланс між цими двома показниками.

Ефективна робота будь-якої насіннеочисної машини вимагає, щоб компоненти насіннєвої суміші рухалися по робочому органу в один шар. Збільшення подачі матеріалу підвищує продуктивність, але погіршує якість сепарації. Зменшення подачі, навпаки, покращує якість, але знижує пропускну здатність сепаратора.

Процес очищення та сортування насінневих сумішей реалізується за

допомогою дек - плоских поверхонь, що є основним елементом робочого органу віброфрикційного сепаратора.

Підвищити його продуктивність та покращити кондиційність насіння основної культури можна досягти шляхом використання багатоярусних дек.

Дека віброфрикційного сепаратора складається з набору неперфорованих фрикційних площин, кількість яких варіюється (від однієї до п'ятнадцяти) залежно від конструкції сепаратора. Регулюючи кількість цих площин, можна змінювати продуктивність сепаратора: більше площин - вища пропускна здатність при обробці насіння.

Однак, збільшення їх кількості не може бути безмежним. Це призведе до ускладнення конструкції інших компонентів, збільшення ваги та розмірів сепаратора, а також до погіршення якості сепарації насіння сільськогосподарських культур.

Використання різних фрикційних матеріалів для облицювання площин є одним із способів покращення якості сепарації, але цей метод має обмежений вплив на загальну продуктивність сепаратора.

Ефективність очищення та сортування насіння значною мірою залежить від типу насінневої суміші. Вибір оптимальної площини віброфрикційного сепаратора визначається фізико-технологічними характеристиками цієї суміші, зокрема видом насіння основної культури, наявністю та кількістю бур'янів та іншими факторами.

Сама площа виготовлена з технічної фанери, на яку може бути нанесено різноманітне фрикційне покриття, таке як брезент, абразивне полотно, бейтінг, гума, тощо. Це дозволяє оптимізувати процес сепарації, враховуючи пружність, фрикційні властивості, форму компонентів посівного матеріалу та інші параметри, щоб отримати насіння з високими посівними якостями.

Відомо, що ефективність розділення на віброфрикційних сепараторах традиційної конструкції знижується через значну відстань між центром мас вібраційного столу (де встановлені віброзбудники) та робочими площинами. Це призводить до розбіжності між лінією дії збуджуючої сили та центром мас, що порушує однорідність коливань робочих поверхонь і є суттєвим недоліком.

Запропонована конструкція віброфрикційного сепаратора дозволяє усунути цей недолік. Її робочий орган складається з двох основних дек з фрикційними поверхнями, розташованих над віброзбудниками, та двох додаткових дек, встановлених симетрично під ними.

Встановлення додаткових дек під віброзбудниками дозволяє підвищити продуктивність сепаратора не лише за рахунок їх використання, але й завдяки збільшенню загальної кількості фрикційних поверхонь.

Кожна дека складається з набору площин, закріплених одна над одною на рамі за допомогою втулок і гвинтів. До дек і рами кріпиться дозатор, який забезпечує подачу насіння на кожен робочу поверхню.

Для досягнення рівномірного одношарового розподілення насіння та запобігання його агломерації, дозатори розташовані у верхній третині площини. Для видалення домішок з насіння, на рамі встановлені напрямні секції, які

спрямовують їх до відповідних приймачів.

Оскільки при збільшенні кількості площин дек центр мас вібраційного столу залишається незмінним, то й характер коливань не змінюється.

Важливо, що центр мас вібраційного столу знаходиться в точці перетину кола шестерень віброзбудників та осей їх шарнірів. Це сприяє більш ефективному розділенню насіння.

Висновки

Слід підкреслити, що саме кількість дек та площин найбільше впливає на продуктивність (пропускну здатність) віброфрикційного сепаратора. На відміну від інших віброфрикційних сепараторів, які мають обмеження у кількості дек, площин та ярусів, запропонована конструкція є оптимальною.

Розроблений сепаратор з багатоярусними деками, кожна з яких містить п'ятнадцять площин, розміщених у два яруси дозволяє досягти значно вищої продуктивності та якості очищення насіння. Завдяки такій конфігурації, забезпечується раціональний баланс між пропускну здатністю та якістю кінцевого продукту.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннеочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95 с.

4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

УДК 631.362

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВИХ МАТЕРІАЛІВ

**Завгородній О.І. д.т.н., проф., Пак А.О. д.т.н., проф., Сіняєва О.В., ст. викл.,
Крекот М.М. к.т.н., доц., Коваленко А.Р., Голуб І.В. здобувачі ВО**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Висвітлено встановлення зв'язку між до ударними і після ударними компонентами швидкостей моделей процесів вібросепарації насінневих матеріалів

Аналіз останніх досліджень. На сучасному етапі для очищення і сортування зернових сумішей використовують вібраційно-відцентрові сепаратори: А1-БЦСМ-100, Р8-БЦС-50, СВС-25; пневматичний сортувальний

стіл: ПСС-2,5В; решітно-повітряні сепаратори: Р6-СВС-6, ЗАВ-10, ЗВС-20, ЗВС-20А. Але потрібно зазначити, що для підвищення якості поділу зернових сумішей повинні висуватись нові вимоги до пристроїв і технологій післязбирального обробітку зерна, а особливо теоретичне обґрунтування процесів сепарації.

Основні матеріали досліджень. Важливим фактором якісного розподілу зернової суміші на фракції є застосування новітнього і удосконаленого промислового обладнання, яке у порівнянні з існуючими технологічними машинами зменшує виробничі витрати на одиницю продукції, менше травмує зерно.

Підвищення конкурентоспроможності нової техніки в значній мірі оцінюється такими показниками як простота конструкції, універсальність застосування без заміни робочих органів обладнання, можливість використання у гнучких технологічних процесах, низька питома вага енергоспоживання.

Фактори, які забезпечують якісне сепарування насіння на вібросепараторах це наявність дії: повітряних потоків, вібрації, а також удару. Для обґрунтування використання цих факторів необхідно скласти схему сил, що діють на частину насіннєвої суміші та скласти диференціальні рівняння траєкторії руху матеріальної точки.

Для вібраційного розділення насіннєвої суміші з використанням повітряного потоку застосовують нерухому або рухому площину, і визначають параметри руху матеріальної точки відносно цієї площини.

Найбільші складності виникають при дослідженні процесу удару. Для оцінки ударного ефекту можливо використовувати дослідні коефіцієнти, при визначенні величин яких до цих пір застосовується гіпотеза, яку ввів І. Ньютон. Згідно цієї гіпотези відношення величин швидкості тіла після удару U і до удару N є постійна величина, яка не залежить ні від швидкості удару, ні від розмірів, а лише від матеріалу співударяння. Таким чином отримуємо: $U/N+R$. Позитивну величину R , яка характеризує наскільки відновлюється швидкість тіла після удару називають коефіцієнтом відновлення. Для реальних фізичних тіл коефіцієнт відновлення завжди $0 \leq R \leq 1$. В задачах руху твердого тіла зазвичай приймається, що тіла, які ударяються, в точці контакту не деформуються. Найбільш вагомі результати розв'язання цієї задачі одержані в роботах І.І. Блехман, Г.Ю. Джанелідзе, А.А. Кобринського [1], А.Є. Кобринського, П.М. Заїки, В.Ю. Плявнієкса [2].

В.Ю. Плявнієкс розглянув косий удар абсолютно твердого тіла загальної форми об перешкоду. У своїх роботах автор розглянув повне ковзання в одному напрямку, частинним ковзанням, частинним ковзанням, повне ковзання в обох напрямках.

Віброударними системами займалися такі вчені, як А.А. Кобринський та А.Є. Кобринський, які розглядали удар в одномасових системах з декількома ступенями свободи, ґрунтуючись на гіпотезі Ньютона, і гіпотезах з використанням коефіцієнтів сухого тертя і в'язкого тертя.

Згідно цих гіпотез нормальні складові u_y , v_y швидкостей відповідно до і

після удару пов'язані звичайним співвідношенням [3]

$$v_y = -Ru_y, \quad (1)$$

де: R – коефіцієнт відновлення швидкості. Що стосується тангенціальних складових u_x , v_x цих швидкостей, то згідно однієї гіпотези вони пов'язані співвідношенням [7]

$$v_x = (1 - \lambda) u_x, \quad (2)$$

де: λ – коефіцієнт миттєвого тертя.

Співвідношення (1) аналогічно (2), тому, що вони встановлюють лінійний зв'язок між до ударними і після ударними компонентами швидкостей. Із рівняння (2) витікає, що тангенціальна складова ударного імпульсу не залежить від величини його нормальної складової і повністю визначається деякою фізичною константою, яка залежить від властивостей і стану поверхні співударяння. На відміну від цього друга гіпотеза будується на положенні, що тангенціальна складова ударного імпульсу пропорційна його нормальній складовій.

$$v_x - u_x = \pm f (v_y - u_y) \quad (3)$$

У якості коефіцієнта пропорційності вводиться коефіцієнт сухого тертя (f) [5]

Список використаних джерел

1. Заика П.М. Вибрационное перемещение твёрдых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах: Практ.пособие / Заика П.М. – Киев: Изд-во УСХА, 1998.- 625 с.
2. Плявниекс В.Ю. Косое соударение двух тел. / Плявниекс В.Ю.. - «Вопросы динамики и прочности», вып 19. Рига, «Зинатне», 1969.
3. Василенко П.М. Универсальные математические модели функционирования машинных агрегатов и их применение. / П.М. Василенко – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 14 с.
4. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: УСХА, 1960. – 263 с.
5. Берник П.С. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов / П.С. Берник, Л.В Ярошенко. – Винница: ВГСХИ, 1988. – 116 с.

УДК 631.362

ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ РЕШІТ

Бакум М.В., к.т.н., доц., Михайлов А.Д., к.т.н., доц., Крекот М.М., к.т.н., доц., Козій О.Б., к.т.н., доц., Пісний В.В., Марусков В.Г. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Обґрунтовано впровадження нової конструкції робочої поверхні решіт шляхом зміни її просторової форми, що дає можливість забезпечити збільшення величини просіювання частинок проходової фракції через отвори решета, що підвищує якість сепарації сипких матеріалів і повноту очищення заблокованих отворів решета.

Мета досліджень. Обґрунтувати удосконалення конструкції робочої поверхні решіт шляхом зміни її просторової форми.

Аналіз останніх досліджень. Для розділення сипких матеріалів за різницею в товщині її компонентів широко використовуються сепаратори з плоскими решетами, які включають сепарувальну поверхню з прямокутними отворами та поздовжніми і поперечними перемичками прямокутної форми. По краях сепарувальної поверхні розміщені боковини (той же листовий матеріал без перфорації), якими закріплюються решета сепаратора [1].

Відомо також конструкцію решет, у яких на поздовжніх перемичках між отворами виконані рифлі (виступи обтічної форми) [2]. Такі конструкції сприяють інтенсифікації як перемішуванню шару матеріалу, так і спрямовуванню часток матеріалу у отвори решета.

Основні матеріали досліджень. Для підвищення продуктивності решіт збільшують подачу вихідного матеріалу, що призводить до збільшення товщини його шару і тим самим ускладнення можливості просівання часток проходової фракції як через шар матеріалу до сепарувальної поверхні, так і ще більше через отвори решета. Для підвищення величини просівання збільшують довжину решета, що супроводжується зростанням габаритів сепараторів при їх проектуванні, або використовують багатократність пропусків вихідного матеріалу через сепаратор (у виробничих умовах), що підвищує травмування частинок матеріалу і підвищує собівартість процесу.

Конструкції серійних решіт [1] зручні в експлуатації, надійні і довговічні, але ефективність розділення на них невисока.

Використання поперечних перемичок отворів решета з прямокутними отворами [2] призводить до зростання кількості заблокованих отворів частинками, які за розмірами не спроможні просіятись і переміщуючись вздовж прямокутних отворів упираються в поперечну перемичку і блокують отвір. Це зменшує робочий (живий) перетин решета (площу вільних отворів решета) і як результат знижує якість розділення матеріалів. Також для розміщення рифлів на перемичках необхідно збільшувати їх ширину, що суттєво зменшує робочий перетин решета, а значить і величину просівання частинок проходової фракції.

Тому підвищення якості сепарації сипких матеріалів на решетах за рахунок

підвищення інтенсивності перемішування шару матеріалу на решеті і просіювання часток проходових фракцій через його отвори це задача яку необхідно вирішувати, у тому числі і конструкторськими рішеннями.

Одним із способів вирішення задачі являється впровадження конструкції робочого органу в якому решето, яке включає сепарувальну поверхню з прямокутними отворами та поздовжніми і поперечними перемичками та боковину, в якому сепарувальна поверхня в поздовжньому напрямку виконана хвилеподібною з довжиною хвилі не меншої трикратної довжини проекції прямокутних отворів сепарувальної поверхні з поперечними перемичками, а поперечні перемички виконані у вигляді тригранної призми, причому на вершинах хвиль основа призм перемичок знаходиться на сепарувальній поверхні, а на боковинах і в нижній частині хвиль – з її нижньої сторони.

Така конструкція решета складається із сепарувальної поверхні і боковини, якою решето закріплюється в сепараторах. Вздовж сепарувальної поверхні виконані рядами прямокутні отвори, які обмежуються поздовжніми і поперечними, перемичками. Сама сепарувальна поверхня в поздовжньому напрямку виконана хвилеподібною з довжиною хвилі L , яка не менша проекції на горизонтальну площину трьох довжин прямокутних отворів і трьох проекцій ширини n поперечних перемичок. Поздовжні перемички мають прямокутну форму (як і в серійних решетах) і визначають ширину прямокутних отворів. Поперечні перемички і виконані у вигляді тригранної рівносторонньої призми, причому на вершинах хвиль основа призм перемичок знаходиться на сепарувальній поверхні, а на боковинах і в нижній частині хвиль - з її нижньої сторони. Решето на боковинах закріплюється в сепараторі з певним кутом нахилу в поздовжньому напрямку і під час роботи коливається у поздовжньому напрямку.

Вихідний сипкий матеріал завантажується на початок сепарувальної поверхні рівномірно по всій ширині. Під дією коливань матеріал переміщується по хвилеподібній сепарувальній поверхні нерівномірно. Так, при переміщенні на ділянках підйому сепарувальної поверхні на висоту хвилі швидкість руху, особливо нижніх шарів матеріалу, дещо сповільнюється, а верхні – обганяючи їх, зсипаються на спадаючу частину сепарувальної поверхні хвиль, де швидкість руху матеріалу зростає, а товщина шару – відповідно, зменшується і тим самим частинки проходової фракції із верхніх шарів матеріалу переміщуються на поверхню решета та просіваються через отвори.

Такий процес перемішування шарів сипкого матеріалу повторюється на кожному кроці L хвиль сепарувальної поверхні. При цьому, умови просіювання частинок матеріалу через отвори на кожній хвилі, при виконанні її довжини не меншою трикратної довжини проекції отворів і поперечних n перемичок безперервно змінюються. На спрямованій вниз сепарувальній частині поверхні матеріал переміщується тонким шаром і рухається паралельно отворах, на середній частині хвилі (впадина хвилі) частинки матеріалу потрапляють у отвори під кутом, близьким до 90° , а на заключній частині хвилі (спрямованій вгору) їх швидкість зменшується і в більшості вони перевертаються та рухаються під

гострим кутом до площини отворів, що значно підвищує величину просівання часток прохідової фракції (постійно змінюються умови просіювання), що підвищує якість розділення матеріалів.

Виконання поперечних перемичок і у вигляді тригранних призм забезпечує положення їх боковин під гострим кутом до частинок, що рухаються вздовж отворів.

Висновки

Завдяки впровадженню такого рішення частинки примусово спрямовуються в отвори на вершинах хвиль, де шар матеріалу тонкий і виштовхуються із отворів на боковинах та в нижній частині хвиль, що зменшує інтенсивність їх заклинювання в отворах і тим самим запобігає зменшенню робочого перетину решета.

Таким чином, виконання сепарувальної поверхні решета хвилеподібної форми з визначеною довжиною хвиль L , а поперечних перемичок між отворами у вигляді тригранних призм інтенсифікує процеси як перемішування сипкого матеріалу на решетах, так і просіювання частинок прохідової фракції через його отвори, що підвищує якість сепарації сипких матеріалів.

Список використаних джерел

1. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструирование, расчет и проектирование. М.: Машиностроение, 1977, - 200 с.
2. Патент № 35148 Україна, МПК В07В1/28. Циліндричне решето / Тіщенко Л.М., Пуха В.М., Резніченко Ф.М., Абдуєва Ф.М. - № u200708038; опубл. 10.09.2008, бюл. № 17/2008. – 2 с.
3. Підвищення продуктивності сепарації насіння на решетах [Текст] / М. В. Бакум, М. М. Крекот, О. В. Сіняєва, М. Б. Мартиросян, І. М. Половенченко // Молодь і технічний прогрес в АПВ : Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 23-24 листоп. 2023 р. - Харків : ДБТУ, 2023. - С. 161-162.
4. Підвищення ефективності процесу сепарації та калібрування насінні кукурудзи [Текст] / М. В. Бакум, М. М. Крекот, О. В. Фомичев // Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті : матеріали ХІХ Міжнар. форуму молоді, 6-7 квіт. 2023 р. - Харків : ДБТУ, 2023. - С. 31.

УДК 631.362

УДОСКОНЕЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РЕШІТ НАСІННЕОЧИСНИХ МАШИН

Бакум М.В., к.т.н., доц., Крекот М.М., к.т.н., доц., Козій О.Б., к.т.н., доц.,
Сіняєва О.В., ст. викл., Конюшенко В.В., Франчук Я.О., Гунько К.В.
здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Обґрунтовано удосконалення конструкції решіт шляхом впровадження нових конструктивних параметрів робочої поверхні решета що дає можливість забезпечити підвищення імовірності розділення компонентів вихідного матеріалу і в кінцевому результаті підвищення якості сепарації. Впровадження конструктивних змін в решеті дозволяє використовувати їх у серійних насіннеочисних машинах.

Мета досліджень. Обґрунтувати удосконалення конструкції решіт шляхом впровадження нових конструктивних параметрів робочої поверхні решета.

Аналіз останніх досліджень. Широко використовуються на виробництві для розділення сипких матеріалів за різницею ширини і товщини їх компонентів плоскі решета. Вони включають перфоровану плоску робочу поверхню з отворами круглої або прямокутної форми з перемичками між ними і боковину по краях, за допомогою якої решето кріпиться в решітних станах сепараторів [1] такі решета прості у виготовленні і експлуатації, надійні в роботі, але мають низьку орієнтуючу здатність, що не сприяє просіюванню часток прохідової фракції (часток менших за розмірами розмірів отворів решета) через отвори решіт і тим самим зумовлює низьку якість розділення компонентів.

Відомі також профільовані перфоровані решета, які мають поздовжні перемички випуклої форми [2]. Завдяки перемичкам такої форми значно прискорюється орієнтація часток сипкого матеріалу вздовж отворів решета, що підвищує їх просівання.

Основні матеріали досліджень. Для підвищення ефективності розділення сумішей на решетах [1] збільшують їх довжину під час проектування очисних машин, а у виробничих умовах – збільшують кількість пропусків вихідного матеріалу через решітні сепаратори, що додатково підвищує травмування компонентів матеріалу та собівартість процесу сепарації на решетах.

Конструкція решіт [2] також має вагомий недолік, ширина таких перемичок більша плоских перемичок, що збільшує їх площу і зменшує живий перетин решета і в підсумку така конструкція майже не підвищує ефективність сепарації сипких матеріалів, при однакових площах решіт. Підвищення продуктивності відбувається тільки при збільшенні площі решета, що також спостерігається і при використанні звичайних плоских решіт зі збільшеною площею сепарації.

Підвищення якості сепарації сипких матеріалів на решетах за рахунок підвищення інтенсивності перемішування шару матеріалу на решеті та зміні положення отворів решета відносно напрямку руху компонентів матеріалу повинне забезпечуватись новими рішеннями в розробках конструкцій решіт.

Такі вимоги до роботи решіт можливо вирішити шляхом того що в процесі виробництва решета, яке включає перфоровану робочу поверхню і боковину, необхідно робочу поверхню решета виконати у вигляді еквідистантно розміщених рядами у поперек решета виступів гіперболоїдної форми висотою меншою товщини шару матеріалу, що розділяється, причому у сусідніх рядах по довжині решета виступи зміщені на половину кроку їх виконання.

Описана вище конструкція решета складається із перфорованої робочої поверхні з отворами заданої форми і розмірів і перемичок між ними та боковин, якими решето кріпиться в решітних станах сепараторів.

Сама робоча поверхня виконана у вигляді еквідистантно розміщених рядами в поперек решета виступів гіперболоїдної форми, які в сусідніх рядах, по довжині решета, зміщені на половину кроку t їх виконання.

Виступи мають форму правильного двопорожнинного гіперболоїда (поверхонь другого порядку в тривимірному просторі, які складаються з двох опуклих чаш, одна з яких описує поверхні виступів, а інша – перетин перерізу впадин між ними). Виступи виготовляються висотою h , яка менша мінімальної товщини шару матеріалу, який переміщується по решету під час сепарації.

Під час роботи решітних сепараторів вихідний матеріал завантажується на початок перфорованої профільованої робочої поверхні рівномірно по всій ширині. Під дією коливань решета матеріал переміщується по всій її робочій профільованій поверхні нерівномірно. Частина шару матеріалу під час руху по решету періодично потрапляє на виступи гіперболоїчної форми, які дещо зменшують швидкість його переміщення. Вся поверхня виступів перфорована, як і поверхня традиційних плоских решіт, але площа отворів на виступах знаходиться під гострим кутом до напрямку переміщення матеріалу. Це значно інтенсифікує просіювання часток прохідного матеріалу, адже вони можуть одночасно просіватись із різних частин всієї товщини шару. Частки матеріалу, які не просіялись зміщуються боковинами виступів до впадин між ними, завдяки чому матеріал переміщується і дещо прискорюється, а частки прохідної фракції із нижньої частини шару просіюються через отвори впадин решета (як і традиційних решетах). Переміщуючись вздовж решета вздовж впадин матеріал потрапляє на виступи наступного ряду, який зміщений відносно виступів попереднього ряду на половину кроку t їх виконання і процес сепарації продовжується.

При товщині шару вихідного матеріалу рівній, або більшій висоти h виступів частина матеріалу верхнього шару переміщується над вершинами виступів і частки прохідної фракції просіюються через їх отвори, а зсипаючись з вершин (за якими утворюються деякі впадини і – за зміщення основної частини шару в бік до впадин), за якими утворюється деяке зменшення товщини шару,

він переміщується із основним матеріалом і потрапляє в середині шару, який переміщується на виступи наступного ряду.

Таким чином, виконання робочої перфорованої поверхні решета профільованою з виступами гіперболоїдної форми забезпечує як інтенсивне перемішування шару матеріалу, так і одночасне просіювання часток проходимої фракції з різних частин шару матеріалу через отвори решета.

Висновки

Впровадження запропонованого конструкторського рішення призводить до того що фактична площа робочої поверхні такого решета буде більше площі стандартного плоского решета аналогічних габаритних розмірів, то і кількість отворів на ньому значно більша, що додатково підвищує імовірність розділення компонентів вихідного матеріалу і в кінцевому результаті підвищення якості їх сепарації.

Запропонована конструкція решета придатна для використання в серійних і існуючих сепараторах і спроможна суттєво підвищити їх продуктивну роботу за рахунок підвищення якості сепарації сипких матеріалів.

Список використаних джерел

1. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструирование, расчет и проектирование.: Машиностроение, 1977. -200 с.
2. Васильківський О.М., Лещенко С.М., Мороз С.М. та ін. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвід. наук. -тихн. зб. 2020, вип. 50, - с. 52-58.
3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машины, агрегаты та комплексы для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

УДК 631.362

ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИКІВ РЕШІТ

**Бакум М.В., к.т.н., доц., Крекот М.М., к.т.н., доц., Сіняєва О.В., ст. викл.,
Конюшенко В.В., Ковалевський В.М., Омелянчук В.О. здобувачі ВО**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Обґрунтовано удосконалення конструкції очисників решіт шляхом зміни конструктивних параметрів стільникових сепараторів очисних кульок що дає можливість забезпечити підвищення повноти очищення заблокованих отворів решета і тим самим підвищить якість сепарації сипких матеріалів на решетах.

Мета досліджень. Обґрунтувати удосконалення конструкції очисників решіт шляхом зміни конструктивних параметрів стільникових сепараторів очисних кульок.

Аналіз останніх досліджень. Широкого розповсюдження набули кулькові очисники плоских решіт, які в своїй будові мають плоскі решета, встановлені в решітному стані, під якими закріплені паралельно решетам відбивні поверхні, виконані із проволочної сітки або фанери з отворами більшими отворів решета. Між ними встановлюються кулькові очисники решіт, які включають рухомі рамки з плоскими перегородками по всій висоті простору між решетами і відбивними поверхнями, які утворюють комірки для пружних кульок [2]. Під час коливання решітного стану кульки підплигують на відбивній поверхні і вдаряють знизу по решетах, очищуючи заблоковані отвори від частинок сипкого матеріалу. Такі очисники надійні в роботі, довговічні і не потребують додаткового налагодження перед роботою.

Дещо покращити вплив нерівномірності очищення решіт очисниками вдається за рахунок зміщення поперечних перегородок прямокутних суміжних комірок рамки очисника [3], але це призводить до збільшення шляху переміщення матеріалу по решету, що суттєво зменшує продуктивність решіт.

Крім того, прямокутні комірки рамки з плоскими високими перегородками відбивають кульки в поперек комірок, порушуючи тим самим періодичний ударний, по решету та відбивній поверхні, рух кульок.

Основні матеріали досліджень. Недоліком конструкцій кулькових очисників [2] є утворення неочищених полос на решетах над високими перегородками комірок рамки (кульки не можуть дістатись до решета на ширину як мінімум половини їх діаметра від стінки комірок рамки з кожної сторони), що знижує якість сепарації сипких матеріалів.

Більш досконала конструкція [3] додатково знижує повноту очищення решіт від частинок сипкого матеріалу, і, в кінцевому результаті, якість сепарації матеріалу.

Але така задача як підвищення якості сепарації сипких матеріалів на плоских решетах за рахунок підвищення повноти очищення заблокованих отворів решета частинками сипкого матеріалу, в цілому залишається вирішеною не до кінця [1].

Пропонується вирішення поставленої задачі наступним чином, кульковий очисник плоских решіт, який включає плоске решето встановлене в решітному стані під яким закріплена відбивна поверхня над якою розміщена рухому рамку з перегородками, що утворюють комірки для пружних кульок, які за рахунок ударів очищують заблоковані отвори решета від частинок сипкого матеріалу, запропоновано конструктивно виконати перегородки рамки об'ємними, наприклад, у вигляді тригранної призми, висота яких рівна: $h = H - R$, а їх з'єднання зроблено так, що вони утворюють комірки для кульок у вигляді рівностороннього шестикутника з кутом при вершинах рівним 120° , де h – висота перегородок рамки, H – відстань між решетом і відбивною поверхнею, R – радіус кульки.

Така удосконалена конструкція кулькового очисника плоских решіт встановлюється в корпусі решітного стану між плоским решетом і паралельно йому закріпленою відбивною поверхнею з отворами більшими від отворів

плоского решета. Над відбивною поверхнею розміщена рухома рамка з перегородками, які утворюють комірки для кульок. Перегородки рамки виконані об'ємними, наприклад, у вигляді тригранної призми, висота h яких рівна:

$$h = H - R,$$

де H – відстань між плоским решетом і відбивною поверхнею; R – радіус кульки.

Між собою об'ємні перегородки з'єднані так, що утворюють комірки у вигляді рівностороннього шестикутника з кутом при вершинах рівним 120° . Рамка кулькового очисника встановлена з можливістю зворотнього поступального переміщення на спрямовувачах у втулках, закріплених до корпусу решітного стану за рахунок ексцентрикового приводу з шатуном.

Під час роботи решітного сепаратора сипкий матеріал подається на плоске решето і за рахунок його коливань переміщується по ньому, при цьому частинки матеріалу менші за розмірами решета просипаються крізь них, і далі крізь отвори відбивної поверхні та надходять до приймачів прохідової фракції. Частинки матеріалу більші за отвори решета переміщуються по ньому і надходять у сходову фракцію. Кульки ударяючись по відбивній поверхні і перегородках об'ємної форми рамки, відскакують від них і вдаряють по плоскому решету, очищуючи заблоковані отвори від частинок сипкого матеріалу.

Виконання перегородок рамки очисника у вигляді тригранної призми, з розміщенням її основи зі сторони відбивної поверхні, спрямовує кульки, які вдаряються об них, в сторону решета (а не в поперек комірок б, як при плоских перегородках у відомих конструкціях), що підвищує інтенсивність ударів кульок по решету.

Зменшення висоти перегородок рамки на величину радіусу кульок суттєво зменшує ширину зони решета над перегородками, яку не мають можливість очищувати кульки. При рухомій рамці і певній інтенсивності заклинювання частинок матеріалу у отворах решета це в підсумку суттєво зменшує кількість заблокованих отворів решета і тим самим підвищує просівання частинок прохідової фракції.

Висновки

Виконання комірок рамки очисника у вигляді рівносторонніх шестикутників з кутом при вершинах рівним 120° забезпечує не лише можливість кулькам очищувати решето над ними, а й виключає утворення повздовжніх зон неочищеного решета як у відомих конструкціях над повздовжніми перегородками рамки.

В цілому, використання запропонованої конструкції кулькового очисника забезпечить підвищення повноти очищення заблокованих отворів решета і тим самим підвищить якість сепарації сипких матеріалів на решетах.

Список використаних джерел

1. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

2. А.с. № 454937. Кл. В07В1/12. Устройство для просеивания сыпучего материала / П.М. Заика, В.Ф. Ридный, Г.Е. Мазнев, Д.И. Мазоренко, Заявл. 20.02.73, заявка № 1885818/28-13. Оpubл. 30.12.74, Бюл. № 48

3. А.с. № 531557. Кл. В07В1/40. Шариковый очиститель плоских решет / П.М. Заика, В.Ф. Ридный, Г.Е. Мазнев и др. Заявл. 20.02.75, заявка № 2109935/15, опубл. 15.10.76, Бюл. № 38

УДК: 631.362

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕШІТ

**Бакум М.В., к.т.н., доц., Михайлов А.Д., к.т.н., доц.,
Крекот М.М., к.т.н., доц., Білоус О.В., Савченко Б.В. здобувачі ВО**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

За рахунок зменшення позадвжнього кута нахилу решіт насіннеочисної машини СМ-0,15 до двох градусів підвищилась якість сепарації насінневої суміші перцю солодконого: вміст насіння основної культури в очищеній фракції зріс до 98,29%, його енергія проростання і схожість підвищились, відповідно, на 11,61% і 14,30%, але продуктивність сепаратора зменшилась з 30,8 до 22,5 кг/год.

Основну частину технологічних ліній для післязбиральної обробки зернової частини урожаю становлять решітні сепаратори з тихохідними решітними станами. Для виконання технологічних задач післязбиральної обробки зерна, а тим більше підготовки посівного матеріалу кожний решітний стан включає не менше трьох послідовно встановлених решіт. Кожне решето призначене для виконання особливих задач, наприклад: верхнє решето – для відокремлення крупних домішок (всі інші компоненти вихідного матеріалу мають просипатись через його отвори в проходову фракцію), середнє решето – для відокремлення повноцінного, виповненого зерна основної культури, а нижнє – сортувальнє – для відокремлення неповноцінного, щуплого зерна основної культури, насіння бур'янів та дрібних домішок у відходи. Тому під час підготовки решітних сепараторів для обробки кожного вихідного матеріалу, навіть однієї культури, виконують підбір раціональної форми і розмірів отворів кожного решета.

Ефективність роботи решіт залежить від режиму сепарації, який в сучасних зерноочисних машинах регулюється зміною частоти коливань решітних станів (і лише ступінчасто) та величиною подачі вихідного матеріалу. Під час підготовки сепараторів до роботи режими підбираються такими, щоб забезпечити рівномірне переміщення вихідного матеріалу по всій поверхні решіт розрихленим шаром, що сприяє часткам проходової фракції проходженню через шар матеріалу до поверхні решета, потраплянню в його отвори і просіюванню через них у проходову фракцію [1].

Виходячи із задач, які вирішуються решетами та вихідних сумішей, що розділяються на них, режим роботи кожного має бути особливим. Але в сучасних решітних сепараторах оптимальний режим підбирають лише для решета, яке

виконує найбільш відповідальну задачу всього процесу обробітку, яка і визначає в цілому його ефективність.

Для підготовки посівного матеріалу сільськогосподарських культур, особливо дрібнонасіненних, на решітних сепараторах таким є сортувальне решето, ефективність роботи якого визначає вихід очищеного матеріалу, його якість та продуктивність процесу. У виробничих умовах часто практикується досягнення підвищення якості сепарації за рахунок повторності пропусків насіннєвого матеріалу через зерноочисні машини, що, відповідно, знижує його ефективність.

В лабораторії вібраційних зерноочисних машин імені П.М. Заїки нашого університету розроблений спосіб підвищення ефективності роботи плоских коливних решіт за рахунок зміни поздовжнього кута їх нахилу [2]. У виробничих умовах його забезпечують зміною нахилу всієї машини за допомогою установочних домкратів основної рами зерноочисної машини.

Для перевірки даного способу виконані попередні дослідження впливу поздовжнього кута нахилу решіт на ефективність сепарації насіннєвої суміші перцю солодкого. Вихідним матеріалом для досліджень була насіннєва суміш перцю солодкого першої репродукції, яка містила 95,56% насіння основної культури схожістю лише 60,88%, 2,23% органічних домішок, 1,67% насіння перцю злиплого з лушпинням і 0,54% насіння бур'янів.

Згідно ДСТУ 2240-98 кондиційний насіннєвий матеріал перцю солодкого 1-2 репродукції повинен містити насіння основної культури не менше 98,0% схожістю не меншою 75,0%, а вміст насіння бур'янів не повинен перевищувати 0,1%.

Доочищення насіннєвого матеріалу перцю солодкого виконували на насіннеочисній машині СМ-0,15 в решітний стан якої встановлювали верхнє решето з круглими отворами діаметром 5,0 мм, середнє - з круглими отворами діаметром 4,0 мм, а нижнє – з прямокутними отворами шириною 0,9 мм. Поздовжній кут нахилу середнього і нижнього решіт базової конструкції машини СМ-0,15 становить 6°.

Попередніми лабораторними дослідженнями визначили вплив зміни у межах від 0° до 7° зміни поздовжнього кута нахилу середнього і нижнього решіт на якість сепарації насіннєвої суміші перцю солодкого. Встановлено, що при поздовжньому нахилі решіт рівнем у 2°, забезпечується найбільш ефективно виділення щуплого насіння перцю в проходову фракцію нижнього решета, що забезпечує суттєве підвищення схожості насіння перцю очищеної фракції. Такий нахил решіт встановлювали на модифікованому варіанті машини СМ-0,15. Порівняльні дослідження базового та модифікованого варіанту насіннеочисної машини СМ-0,15 проводили при аналогічних установочних і кінематичних параметрах.

Аналіз результатів досліджень показав, що на базовому варіанті машини СМ-0,15 не вдалося доочистити вихідний матеріал (за вмістом та схожістю насіння самої культури) до вимог ДСТУ за один пропуск. На модифікованій машині ефективність сепарації насіннєвої суміші перцю солодкого підвищилася.

Вміст насіння основної культури в очищеній фракції зріс на 2,73% у порівнянні з вихідним матеріалом і на 0,98% у порівнянні з базовим варіантом. Легких домішок в очищеній фракції зменшилось до 0,56%, що в 4 рази менше вмісту у вихідному матеріалі. Повнота виділення насіння перцю солодкого з злиплого з лушпинням збільшилася на 0,99%, а бур'янів – зросла з 4,94% до 24,16% (за кількісним складом).

Одночасно з очищенням відбувалося сортування насіння перцю солодкого. Причому, у базовому варіанті маса 1000 насінин зросла у порівнянні з вихідним матеріалом на 0,14 грамів, а у модифікованому – на 0,78 грама, тобто більше ніж у 5 разів. Це сприяло підвищенню енергії проростання і схожості насіння основної культури. Причому, показники базового варіанту у порівнянні з вихідним матеріалом зросли на 1,55% і 2,92%, а модифікованого – на 11,61% і 14,30%, відповідно.

Це забезпечило доочищення насінневої суміші перцю солодкого на модифікованому варіанті насіннеочисної машини СМ-0,15 за всіма показниками до вимог ДСТУ на посівний матеріал. При цьому, вихід очищеної фракції за базовим варіантом склав 91,10%, що на 2,88% більший виходу отриманого на модифікованому варіанті машини. Слід зазначити, що зменшення кута нахилу решіт призвело до зменшення продуктивності машини з 30,80 до 22,05 кг/год.

Список використаних джерел

1. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння.- Х.: Око, 2006.- 408с.
2. Бакум М. В., Горбатовський О. М. До розробки методики прогнозування результатів сепарації насінневих сумішей на решетах. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка.- Х. 2021.- Вип. 107: Механізація сільськогосподарського виробництва. Т.1. С. 363-372.

УДК 631.31:631.51:631.372

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН В УМОВАХ ЗНАЧНОЇ КІЛЬКОСТІ НЕЗЕРНОВОЇ МАСИ ВРОЖАЮ

Гєнов М. М. магістрант, Пахучий А.М. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто вплив значної кількості рослинних решток на ефективність роботи ґрунтообробних машин у технологіях мінімального та нульового обробітку ґрунту. Сучасні системи землеробства передбачають залишення значної частки незернової маси на поверхні поля, що позитивно впливає на родючість ґрунту та зменшує ризики ерозії, проте водночас створює суттєві технологічні труднощі для роботи ґрунтообробних агрегатів.

Технології мінімального та нульового обробітку ґрунту передбачають залишення значної частки рослинних решток на поверхні поля. Такий підхід позитивно впливає на збереження родючості ґрунту, оскільки рослинні рештки

виконують функцію мульчі, зменшуючи випаровування вологи, пригнічуючи розвиток бур'янів, покращуючи структуру поверхневого шару та сприяючи накопиченню органічної речовини. Крім того, підвищена кількість рослинних решток на ґрунті захищає його від вітрової та водної ерозії, що особливо актуально за умов кліматичних змін та зростання частоти екстремальних погодних явищ.

Значне накопичення незернової маси врожаю створює нові технологічні виклики для аграрного виробництва. Довгі, жорсткі та нерівномірно розподілені рослинні рештки ускладнюють роботу ґрунтообробних агрегатів, особливо тих, що призначені для поверхневого або смугового розпушення. Надлишок решток здатний знижувати пропускну здатність машин, провокувати забивання робочих органів, порушувати стабільність та рівномірність заданої глибини обробітку. У таких умовах агрегати працюють з підвищеним тяговим навантаженням, що спричиняє збільшення питомих витрат пального, підвищений знос елементів та зменшення продуктивності.

Метою роботи є оцінка впливу параметрів незернової маси (маса, довжина, рівномірність розподілу, відсоток покривності поля) на роботу різних типів ґрунтообробних робочих органів та визначити найбільш ефективні конструктивні рішення для умов високої кількості рослинних решток.

Визначено що ріжучі диски демонструють високу ефективність у подрібненні та розрізанні довгих рослинних решток, особливо після збирання зернових культур та ріпаку. Завдяки хвилястому або турбулентному профілю, вони забезпечують первинне розсічення мульчі та створюють чітку лінію входження наступних робочих органів у ґрунт. Це суттєво зменшує ймовірність утворення «котушок» із решток та накопичення матеріалу в зоні входження лапи чи стояка. Разом з тим, ефективність ріжучих дисків значною мірою залежить від фізичних властивостей ґрунту — за надмірно сухого або надто вологого стану ґрунту вони можуть не забезпечувати стабільної глибини прорізання. Для їх ефективної роботи необхідна помірна вологість поверхневого шару (як правило, 14–22%), яка забезпечує оптимальний баланс між проникненням в ґрунт та енергетичними витратами.

Лапові робочі органи забезпечують якісне розпушення ґрунту, формування розпушеного шару та створення сприятливих умов для подальшого висіву. Однак за умов високої покривності поля рослинними рештками (>60%) вони виявляють до накопичення стебел і подрібненої соломи між елементами сошника або на поверхні робочого органу. Це призводить до зростання тягового опору на 10–20 %, погіршення стабільності глибини та нерівномірності перемішування верхнього шару. Широкі стрілчасті лапи найбільш схильні до забивання, вузькі лапи працюють стабільніше, але їх ефективність залежить від попереднього якісного розрізання решток.

Найвищу ефективність продемонстрували комбіновані робочі модулі, що поєднують ріжучий диск, лаповий елемент та ущільнювальний або вирівнюючий коток. Така конфігурація забезпечувала покращений розподіл навантажень між робочими органами та зменшення ризику забивання. Ріжучий диск,

розташований перед лапою, дозволяв знизити рівень накопичення рослинних решток у зоні стояка на 30–45 %, що покращувало пропускну здатність агрегату та сприяло більш стабільному формуванню смуги. Покращення рівномірності обробітку та очищення зони проходу лапи сприяло підвищенню якості посівного ложа та зменшенню кількості пропусків або нерівномірностей висіву.

Комбіновані агрегати характеризувались нижчими питомими витратами пального — на 8–15 % порівняно з базовими лаповими системами без ріжучих елементів. Це пояснюється тим, що попереднє розсічення решток зменшує опір матеріалу робочим органам і покращує проникнення лапи в ґрунт. Окрім того, котки забезпечували стабілізацію глибини та вирівнювання поверхні, що позитивно впливало на енергоефективність подальших механізованих операцій.

Проведений аналіз підтвердив, що накопичення значної кількості рослинних решток на поверхні ґрунту суттєво впливає на ефективність роботи ґрунтообробних машин у технологіях мінімального та нульового обробітку. Встановлено, що різні типи робочих органів по-різному реагують на зміну параметрів незернової маси, таких як довжина, маса, жорсткість та рівномірність розподілу.

Ріжучі диски забезпечують найкращі умови для первинного розсікаючого впливу на рослинні рештки, значно зменшують забивання агрегатів і створюють чітку смугу входження наступних органів у ґрунт. Лапові робочі органи, хоча й забезпечують високоякісне розпушення, є більш чутливими до надлишку решток та демонструють зростання тягового опору за високої кількості рослинних решток.

Найбільш раціональним рішенням у системах з великою кількістю соломи є використання комбінованих модулів «ріжучий диск – лапа – коток». Такі конструкції забезпечують поєднання розрізання, формування необхідного профілю смуги та стабілізації обробленої поверхні, що підвищує продуктивність, знижує опір і забезпечує енергоефективність технологічного процесу. Зменшення забивання на 30–45 % та зниження питомих витрат пального на 8–15% підтверджують доцільність впровадження комбінованих систем у господарствах, що працюють за технологіями мінімального обробітку.

Таким чином, оптимізація конструкції та налаштування робочих органів у залежності від параметрів рослинних решток є ключовою передумовою підвищення ефективності післязбирального обробітку ґрунту.

Список використаних джерел

1. Chegini, G.R. Mirnezami, S.V. (2016). Experimental comparison of combine performance with two harvesting methods: Stripper header and conventional header. *Agricultural Engineering International: The CIGR e-journal*. Vol.18. №1. Pp.192-200.URL:<https://www.researchgate.net/publication/305374833>
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин : [у 2 т.] / П.М. Заїка. Харків : ОКО, 2001. – Т. 1, ч. 1 “Машини та знаряддя для обробітку ґрунту”. 443с.
3. Бакум М.В. Проектування сільськогосподарських машин. Ч.1. Кн. Машини для обробітку ґрунту. Харків: ПромАрт, 2019. 436 с.

4. Дьяконов С. О., Пахучий А. М. Дослідження роботи агрегатів для прямої сівби. Технічний прогрес в АПВ: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 162-163.

5. Брусенцев К. В., Пахучий А. М. Аналіз ріжуче-подрібнювального апарату жниварок та косарок. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді, 10-11 квіт. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 7-8.

УДК 631.316

АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ ЗУБЧАСТОГО ЛЕЗА ЛАПИ КУЛЬТИВАТОРА З ҐРУНТОМ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Будянський В.О., магістрант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто процес взаємодії зубчастого леза культиваторних лап з ґрунтовим середовищем, за результатами розрахунків для обраного варіанту форми зубчастої поверхні леза культиваторної лапи одержано кількісні характеристики діючих сил, надано рекомендації для практичного аспекту застосування.

Сучасні підходи до поверхневого обробітку ґрунту передбачають застосування ґрунтообробних робочих органів із зубчастим профілем леза, зокрема культиваторних лап, що зумовлює створення специфічної силової взаємодії з ґрунтом, створює локалізовані піки нормальних і тангенціальних напружень. Як показали попередні дослідження, це призводить до нерівномірного зношування поверхні, зосередженого в зонах пікових навантажень (вершини зубців) та вищої швидкості зношування в порівнянні з прямолінійним лезом через концентровані сили тертя та деформації [1, 2, 3].

Мета роботи полягає в математичному моделюванні взаємодії ґрунту з зубчастим лезом лапи культиватора, розробці рекомендацій застосування певного профілю леза робочого щодо заданих умов роботи.

Для побудови детальної математичної моделі взаємодії ґрунту з зубчастою поверхнею леза лапи культиватора було прийнято наступні припущення: лапа рухається горизонтально на постійній швидкості v ; ґрунт є однорідним і може бути описаний моделями пластичності (модель Колумба-Мора); вплив зубчастої форми моделюється періодичним профілем; глибина ходу лапи є сталою h . Для чисельної симуляції використовуємо скінченно-елементний метод (FEM) або метод дискретних елементів (DEM). При цьому передбачено етапи симуляції: розбивка ґрунту на елементи або частинки, для кожного елемента обчислюється σ_n та τ , використовується чисельне інтегрування для рівнянь руху. Реалізовано симуляцію за допомогою Python, використовуючи бібліотеки, такі як **NumPy** (для обчислень) і **Matplotlib** (для візуалізації). Був створений початковий код для симуляції взаємодії зубчастої лапи культиватора з ґрунтом. Він включає розрахунок тисків, сил та їх візуалізацію у вигляді графіків: профіль зубця -

візуалізується форма зубчастого леза лапи культиватора; тиск по довжині зубця - показані нормальний та тангенціальний тиски.

За результатами розрахунків для обраного варіанту форми зубчастої поверхні леза культиваторної лапи одержано кількісні характеристики діючих сил: нормальна сила: $F_n = 10.00$ Н; тангенціальна сила: $F_t = 3.00$ Н; повна горизонтальна сила різання: $F_c = 5.49$ Н.

Аналіз одержаних результатів досліджень вказують на доцільність застосування культиваторних лап для поверхневого обробітку у сучасних технологіях рослинництва, що зумовлено їх конструктивними та технологічними особливостями у порівнянні із серійними лапами з прямолінійним профілем леза.

Зубчасте лезо має складнішу форму контакту з ґрунтом, що створює локалізовані піки нормальних і тангенціальних напружень. Це призводить до нерівномірного зношування поверхні, зосередженого в зонах пікових навантажень (вершини зубців) та вищої швидкості зношування в порівнянні з прямолінійним лезом через концентровані сили тертя та деформації. Крім того, зубчастий профіль спричиняє підвищення сил тертя через додаткову площу контакту, складна форма руху зубців у ґрунті (по черзі заглиблення та підйом) спричиняє додаткові втрати енергії. Така форма може бути ефективнішим для розпушування та змішування ґрунту, що може виправдати підвищені витрати енергії в деяких агротехнічних умовах.

Виходячи із наведеного встановлено, що перевагами зубчастого леза є підвищена ефективність розпушування, кращий вплив на ґрунт при мінімальному ущільненні. Недоліки - підвищене зношування та більші витрати енергії при виконанні технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту.

Для практичного аспекту застосування виконаного дослідження можна визначити такі рекомендації: для умов, де важливе ефективне розпушування (щільний або важкий ґрунт), доцільно використовувати зубчасте лезо, попри підвищене зношування; для тривалих операцій або роботи на легких ґрунтах варто використовувати прямолінійне лезо через менші енергетичні витрати.

Висновки

1. Зубчасте лезо має складну форму контакту з ґрунтом, що створює локалізовані піки нормальних і тангенціальних напружень, що призводить до нерівномірного зношування поверхні, зосередженого в зонах пікових навантажень (вершини зубців) та вищої швидкості зношування концентровані сили тертя та деформації.

2. Для обраного варіанту форми зубчастого леза культиваторної лапи одержано кількісні характеристики діючих сил: нормальна сила: $F_n = 10.00$ Н; тангенціальна сила: $F_t = 3.00$ Н; повна горизонтальна сила різання: $F_c = 5.49$ Н.

Список використаних джерел:

1. Козаченко О.В. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія / О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко. – Харків: ПромАрт, 2021. 238 с.

2. Козаченко О.В. Оптимізація параметрів локального зміцнення леза лапи культиватора /О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко, В.В.Гончаров // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – Вип.7. С.149 - 155.

3. Козаченко О.В. Зміна форми леза ґрунтообробних знарядь при зношуванні / О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, випробування та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. 1. – Кіровоград: КНТУ, 2015. С.21 - 27.

УДК 631.31

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РУХУ МЕХАНІЗМУ КОПІЮВАННЯ З ПАСИВНИМ КОПІРОМ ТА АКТИВНИМ ДИСКОВИМ НОЖЕМ

Козаченко О. В., д.т.н., професор, Кірієвський Д. А., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто динаміку руху механізму копіювання гичкозбиральної машини з пасивним копіром та активним дисковим ножем та напрямом підвищення ефективності роботи гичкозрізального апарату шляхом введення регульованого кута нахилу копіра для адаптації до форми коренеплоду.

Динаміка руху механізму копіювання відіграє ключову роль у забезпеченні стабільного зрізу гички та мінімізації пошкодження коренеплодів. У сучасних стандартних бурякозбиральних машинах типу БМ-6 пасивний копір копіює поверхню ґрунту та визначає висоту зрізу гички з головок коренеплодів. Однак через різні форми коренеплодів та нерівності поля копір може не завжди точно повторювати контур головки буряка; викликати нерівномірний зріз, залишаючи частину гички або пошкоджуючи коренеплід; впливати на продуктивність, особливо при високій швидкості руху машини.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності роботи гичкозбиральної машини шляхом введення регульованого кута нахилу копіра для адаптації до форми коренеплоду.

Таке удосконалення копіювального механізму можна реалізувати різними підходами, зокрема, введенням шарнірного кріплення копіра для можливості зміни кута нахилу; використанням пружного або гідравлічного регулювання кута нахилу залежно від форми коренеплоду; автоматичного або напівавтоматичного регулювання кута за допомогою датчиків або механічних важелів. При цьому повинен забезпечуватись основний принцип - опір повинен адаптуватися під нахил буряка, а не жорстко слідувати за поверхнею ґрунту.

Виходячи із сучасного технічного рівня бурякозбиральної техніки можна пропонувати різні варіанти реалізації регульованого кута нахилу копіра гичкозрізального апарату для адаптації до форми коренеплодів: важільний механізм із пружинами, автоматичне зміщення при контакті з буряком або

регулювання кута нахилу через гідроциліндр, контроль із системи керування комбайном, можливість більш точного підлаштування до умов роботи.

Оптимальним варіантом регулювання кута нахилу через гідроциліндр та можливістю більш точного підлаштування до конкретних умов роботи є гідравлічний механізм. Гідравлічна система регулювання кута нахилу копіра – найбільш оптимальне рішення за співвідношенням ціни та ефективності.

З цією метою розроблена наочна конструктивно-технологічна схема копіра з гідропідтримкою та адаптивним демпфуванням, що включає такі основні елементи: копір (палозковий або ролик), що взаємодіє з коренеплодом; шарнірний механізм – дозволяє копіру змінювати кут нахилу; гідроциліндр – забезпечує регулювання висоти та амортизацію; гідроаккумулятор – для адаптивного демпфування та згладжування коливань; датчик положення – визначає зміни висоти буряка та передає сигнал у систему управління; регулюючий клапан – автоматично змінює тиск у гідросистемі залежно від конкретних умов роботи гичкозрізального апарату.

Розроблена конструктивно-технологічна схема копіра з гідропідтримкою та адаптивним демпфуванням зумовлює формування та визначення функціональне призначення основних елементів даної технічної системи: копіюючий ролик – контактує з головою буряка та передає сигнал на систему керування; шарнірний механізм – дозволяє копіру змінювати нахил відповідно до форми коренеплоду; гідроциліндр – регулює положення копіра, забезпечуючи плавний рух; датчик положення – зчитує висоту буряка та передає дані у систему адаптації; регулюючий клапан – змінює тиск у гідроциліндрі, регулюючи демпфування; гідроаккумулятор – стабілізує систему, зменшуючи різкі перепади діючих на коренеплоди навантажень. Очікуваний ефект при реалізації запропонованої схеми копіра з гідропідтримкою полягає в точному копіюванні висоти коренеплодів, зменшення їх пошкодження та стабільна робота на нерівних полях.

Гідропідтримка з адаптивним демпфуванням дозволяє копіру плавно підлаштовуватися під форму коренеплоду та амортизувати різкі зміни рельєфу. Гідроциліндр взаємодіє з копіром через шарнірний механізм, що дозволяє змінювати кут нахилу відповідно до рельєфу. Виконані розрахунки підтвердили положення, що система критично загасаюча, отже, копір стабільно адаптується до змін рельєфу. Гідропідтримка дозволяє точно регулювати висоту копіра, компенсуючи динамічні зміни рельєфу; адаптивне демпфування згладжує різкі зміни, запобігаючи пошкодженню коренеплодів; розрахунок підтверджує, що система стабільна і забезпечує швидкоку реакцію копіра на зміну висоти буряка.

Висновок

Введення в конструкцію гичкозрізального апарату гідропідтримки дозволяє точно регулювати висоту копіра, компенсуючи динамічні зміни рельєфу; адаптивне демпфування згладжує різкі зміни, запобігаючи пошкодженню коренеплодів; розрахунок підтверджує, що система стабільна і забезпечує швидкоку реакцію копіра на зміну висоти буряка.

Список використаних джерел

1. Козаченко О.В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах: наукове видання. Харків: Торнадо, 2008. – 272с.
2. Kozachenko O. Kinematic analysis of the movement of the active knife cutter of chicory roots / Oleksiy Kozachenko, Hanna Tsyon, Halyna Gerasimchuk // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2024. — Vol 113. — No 1. — P. 81–92. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.01.081.

УДК. 631.354

ДО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЧІСУВАЛЬНОГО БАРАБАНАУ

Козаченко О.В., д.т.н., проф., Рішко Є. І., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Викладено методичні підходи до проведення теоретичних досліджень щодо визначення оптимальних інтервалів швидкостей барабанів та їх діаметрів шляхом проведення серії симуляцій для різних значень кутової швидкості (ω) та радіуса (R) обчисувального барабана.

Практика показала ефективність технології збирання зернових культур методом обчисування рослин на корені, що зумовлює одержання низки переваг у порівнянні із традиційними способами. Це визначає актуальність удосконалення технічних засобів та обґрунтування їх конструктивно-режимних параметрів [1].

Метою дослідження є обґрунтування раціональних параметрів обчисувального барабану для мінімізації втрат зерна при виконанні процесу.

При визначенні оптимальних параметрів обчисувального барабану, потрібно було дослідити вплив швидкості барабанів та їх діаметрів на втрати зерна, що було обрано за критерій оптимізації означеного процесу. Проведено серію симуляцій для різних значень кутової швидкості (ω) та радіуса (R) обчисувального барабана. Обрано інтервали змінних параметрів обчисувального пристрою: кутова швидкість ω в діапазоні 50 – 200 рад/с; радіус барабана R в діапазоні 0.2 – 0.5 м (діаметр 0.4 – 1.0 м). Оцінка втрат зерна визначалась за допустимим діапазоном дальності вильоту;

При реалізації етапів досліджень виконано чисельне моделювання траєкторії зерен для різних параметрів; оцінено середню втрату зерна для кожної комбінації (ω, R); побудовано карту залежності втрат зерна від швидкості та діаметра барабана. При розрахунках прийнято припущення щодо зони збору зерна – дальність вильоту зерна 0.5–1.5 м.

Для проведення серії симуляцій та візуалізації залежності втрат зерна розроблений код на Python із використанням бібліотек numpy, matplotlib та scipy, що дозволяє провести серію симуляцій та візуалізувати залежність втрат зерна від параметрів барабана. Аналіз одержаних результатів показав, що чим вищий відсоток втрат, тим більше зерен вилітає за межі зони збору (0,5–1,5 м).

Оптимальні параметри барабана для мінімізації втрат зерна можна визначити на основі отриманої графічної залежності. Аналізуючи карту втрат, обґрунтовано висновки щодо вибору раціональних значень конструктивно-режимних параметрів барабану обчисувального пристрою: діаметр барабана: $D = 0.6\text{--}0.8$ м; діаметр менше 0.5 м можуть спричиняти надмірно високі втрати через недостатню кінетичну енергію зерен; діаметр більше 0.9 м можуть спричиняти надмірний розкид зерен через високу лінійну швидкість. Оптимальна кутова швидкість барабана: оптимальний інтервал кутових швидкостей $\omega = 110\text{--}150$ рад/с; при $\omega < 100$ рад/с спостерігається зниження ефективності обчисування, оскільки зерна можуть залишатися на стеблах; при $\omega > 160$ рад/с зерна отримують надмірну швидкість, що спричиняє їх виліт за межі зони збору. На основі аналізу виконаних розрахунків можна рекомендувати при розробленні конструкції обчисувального пристрою: діаметр барабана: $D = 0.7 \pm 0.1$ м; кутова швидкість: $\omega = 130 \pm 20$ рад/с. Ці параметри забезпечують ефективне обчисування з мінімальними втратами зерна. Для проведення більш детальнішого аналізу технологічного процесу розглянуті граничні випадки: визначення зміни втрат при мінімальних і максимальних значеннях D і ω ; перевірка мінімуму втрат у рекомендованих параметрах. Вплив кожного параметра окремо - втрати залежно від швидкості барабана для кількох фіксованих діаметрів; втрати залежно від діаметра для фіксованих швидкостей. Побудувати 3D-графік залежності втрат - використати тривимірне представлення втрат у залежності від обох параметрів одночасно. Виконуючи додаткові розрахунки одержали візуалізацію втрат зерна залежно від параметрів барабану пристрою, що представлено на рис. 1.

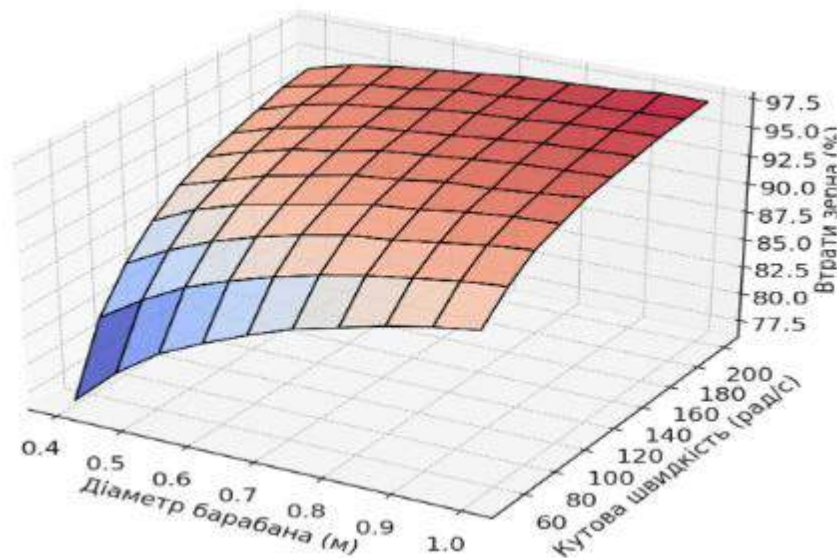


Рис. 1. Залежність втрат зерна від конструктивно-режимних параметрів барабану обчисувального пристрою

Аналіз одержаних результатів розрахунків вказує на те, що втрати зерна мають тенденцію до зростання при надто малих і надто великих значеннях

конструктивно-режимних параметрів барабану обчисувального пристрою. При цьому можна спостерігати певні закономірності зміни величини втрат зерна при фіксованих значеннях конструктивно-режимних параметрах барабана. Втрати зерна при фіксованих діаметрах D : для $D = 0.5$ м втрати зростають при збільшенні швидкості через сильний розкид зерна; для $D = 0.7$ м втрати мінімальні в діапазоні 110–150 рад/с; для $D = 0.9$ м втрати різко зростають при великих швидкостях через занадто сильний удар. Втрати зерна при фіксованих швидкостях ω : для $\omega = 80$ рад/с втрати вищі при малих діаметрах через низьку енергію відриву; для $\omega = 130$ рад/с втрати мінімальні при $D = 0.7$ м; для $\omega = 180$ рад/с втрати зростають із діаметром через збільшення розкиду зерна.

Список використаних джерел:

1. Kozachenko O. Experimental Substantiation of the Rational Parameters for a Reaping Machine of the Comb Type for Harvesting Oil Flax Seeds Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Sorokin S., Dyakonov S., Gusarenko N., Kadenko V. // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 5, № 1 (107), 2020. с. 64 - 69.

УДК 631.362

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ РІПАКУ ЗА ПРУЖНІСТЮ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Рибалка М.О., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено результати дослідження пружних властивостей насіння ріпаку та засмічувачів щодо попереднього їх розділення на відбивній поверхні віброфрикційного сепаратора.

У сучасному сільському господарстві якість насіннєвого матеріалу відіграє ключову роль у підвищенні врожайності та ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Одним із перспективних методів підвищення однорідності посівного матеріалу є його попереднє розділення за фізико-механічними властивостями, зокрема, за пружністю компонентів, на віброфрикційному сепараторі. Пружні властивості насіння можуть бути важливим критерієм у сортуванні, оскільки вони залежать від внутрішньої структури, рівня вологості, ступеня зрілості та фізіологічного стану [1, 2, 3, 4].

Дане дослідження спрямоване на аналіз процесу попереднього розділення насіннєвого матеріалу ріпаку за показниками пружності з метою підвищення його якості при сепарації на віброфрикційному сепараторі.

Розділення насіння ріпаку за пружністю базується на різниці коефіцієнтів відновлення швидкості (e) після удару об тверду поверхню. Цей метод дає змогу відокремити повноцінне насіння від щуплого, пошкодженого або домішок.

Основні фізико-механічні характеристики насіння рапсу, які впливають на його поведінку при ударі і враховувались при проведенні теоретичних

досліджень, мали наступні значення: маса насінини: $m \approx 2.5-4.5$ мг; діаметр насінини: $d \approx 1.5-2.2$ мм; щільність насіння: $\rho \approx 1100-1250$ кг/м³; коефіцієнт відновлення швидкості e : повноцінне насіння: $e = 0.85-0.90$; щупле або пошкоджене насіння: $e = 0.5-0.7$; домішки (лушпиння, порожні оболонки): $e = 0.3-0.5$. Результати виконаних розрахунків показали, що дальність відскоку компонентів насіннєвого матеріалу ріпаку (повноцінне насіння, дрібне пошкоджене насіння, домішки) має суттєву різницю за дальністю відскоку від відбивної поверхні.

Для проведення подальших досліджень процесу попереднього розділення насіннєвого матеріалу рапсу за пружними властивостями був розроблений Python-код для симуляції розділення насіння рапсу в ВФС, що використовує метод Монте-Карло для моделювання руху зерен та будує графіки дальності відскоку залежно від кута нахилу пластини. Він Генерує 10 000 насінин із випадковими коефіцієнтами відновлення швидкості, обчислює їхні траєкторії після удару, візуалізує розподіл дальності відскоку залежно від кута пластини.

Вихідними параметрами для проведення розрахунків щодо визначення раціонального діапазону зміни кута нахилу пластини попереднього розділення компонентів насіннєвої суміші було обрано наступні параметри: кут нахилу відбивної пластини: $\alpha = 150 - 450$; початкова швидкість насіння: $V_{\text{до}} = 2.43$ м/с; коефіцієнт відновлення швидкості: $e = 0.3 - 0.9$; початкова подача насіння: $Q = 100 - 400$ кг/год; висота падіння: $h = 0.3 - 0.4$ м; кількість зернин у симуляції: $N = 104$ шт. За результатами проведених розрахунків одержані дані щодо дальності відскоку компонентів насіннєвого матеріалу, з урахуванням частки повноцінного насіння, від кута нахилу відбивної пластини. Аналіз одержаних результатів показав, що оптимальний кут нахилу $\alpha_{\text{опт}}$ відбивної пластини знаходиться в діапазоні 250–350, оскільки при цьому розділення компонентів насіннєвої суміші є найбільш ефективним. Це зумовлює можливість формування на поверхні робочої деки віброфрикційного сепаратора декількох зон розесередження, а відповідно, формування траєкторій переміщення з мінімальним взаємним захопленням часточок суміші, що сприяє підвищенню якості розділення компонентів.

Висновки:

1. Проведене дослідження дозволило визначити раціональні параметри процесу попереднього розділення компонентів насіннєвого матеріалу за пружністю при сепарації насіння ріпаку та очищення від засмічувачів (куряче просо, пікульник, мишій).

2. Ріпак має вищий коефіцієнт відновлення швидкості ($e = 0.85-0.90$), що забезпечує його значно більшу дальність відскоку після удару. Засмічувачі (куряче просо, пікульник, мишій) мають менший коефіцієнт відновлення ($e = 0.45-0.70$), що обумовлює їхнє зупинення ближче до точки контакту з відбивною пластиною.

Список використаних джерел

Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Т. III, розділ 7. Харків: Око, 2006. 407 с.

Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Піх Є.О. Чисельне моделювання процесу попередньої сепарації насінневої суміші на гвинтовому живильнику віброфрикційного сепаратора. Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ. 2024 № 2 (125). С. 36-46. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-4. (Англ. мовою).

Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Бакум М.В., Михайлов А.Д., Крекот М.М. Обґрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насінневого матеріалу гірчиці. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. 31. С. 142-151. DOI: 10.36710/іос-2021-31-13.

О.В. Козаченко, Е.Б. Алієв, Є.О. Піх Рух насінневої суміші по гвинтовій поверхні живильника віброфрикційного сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. Міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. С. 84-93. DOI:10.32515/2414-3820.2024.54.84-93.

УДК 631.362

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЖИВИЛЬНИКА ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА

Козаченко О.В., д.т.н., проф., Ярошенко Д.В., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі виконано аналіз способів та контроль рівномірного розподілу насінневої суміші на входному етапі її подачі на робочі поверхні віброфрикційного сепаратора та моделювання впливу змінного отвору на динаміку потоку насіння

Одним з важливих та визначальних чинників, що впливають на якість та продуктивність сучасних віброфрикційних сепараторів (ВФС) слід вважати дозовану подачу вихідного насінневого матеріалу на робочі фрикційні поверхні ВФС, тобто контроль та рівномірність розподілу насінневої суміші на входному етапі технологічного процесу сепарації. Це зумовлено тим, що основною умовою успішного поділу насінневих сумішей на фрикційних деках вібраційних сепараторів є рух по робочих поверхнях моношаром, коли кожна насінина контактує із фрикційною поверхнею та виявляє закладені в ній фізико-механічні властивості [1]. При точковому завантаженні насінневої суміші вона може надходити на поверхню робочих органів кількома шарами і тоді поділ починається лише після розосередження маси рівня моношару. До цього часу відбувається взаємодія компонентів між собою, їх взаємозахоплення та усунення з належних траєкторій руху. Щоб уникнути цього явища, у сучасних ВФС насінневих матеріалів пропонують різноманітні за конструкцією живильники,

що потребує їх вивчення та підвищення ефективності технологічної підготовки якісного посівного матеріалу [2, 3].

В даній роботі поставлена теоретична задача проведення DEM-аналізу для прогнозування рівномірності розподілу насіннєвого матеріалу гречки при використанні живильника із змінним розміром вихідного отвору для контролю щільності потоку насіння на робочі поверхні ВФС задля підвищення ефективності виконання технологічного процесу. В розрізі поставленої в роботі задачі та вивчення процесу, розглянуто моделювання подачі насіння гречки при різних параметрах отвору живильника довільної геометрії. Для моделювання подачі насіння гречки враховано такі вихідні параметри: тип насіння: гречка (форма – тригранна, середній розмір ≈ 4 мм); геометрія живильника: довільна (наприклад, щілинний або круглий отвір); розміри отвору: змінюваний діапазон (наприклад, 5 мм, 10 мм, 15 мм); матеріали: живильник – сталь; (коефіцієнт тертя 0.3–0.5); насіння – сухе, безлипке (внутрішній коефіцієнт тертя 0.4).

В якості вихідних результатів дослідження передбачалось визначення густини потоку насіннєвої суміші, в залежності від розмірних характеристик вихідного отвору, часовий розподіл виходу частинок (плавний чи імпульсний потік) та візуалізація руху частинок насіннєвої суміші в різних режимах роботи. З цією метою на першому етапі досліджень було реалізовано DEM-симуляцію для аналізу розподілу насіння при змінному отворі живильника. Аналіз одержаних результатів показав, що при меншому отворі (5 мм) потік насіння зосереджений у досить вузькому діапазоні. Зі збільшенням вихідного отвору живильника (10 мм, 15 мм) потік насіннєвого матеріалу стає ширшим, але менш рівномірним. При цьому суттєво зростає ймовірність виникнення локальних піків та нерівномірності подачі насіннєвого матеріалу на робочі фрикційні поверхні ВФС при великих розмірах отвору живильника, що є негативним чинником реалізації технологічного процесу.

План моделювання впливу змінного отвору на динаміку потоку насіння передбачав створення геометрії живильника ВФС – обрана довільна форма вихідного отвору, що змінюється від 5 мм до 15 мм (прийнято з урахуванням розмірних характеристик насіння гречки та заданої продуктивності ВФС сепаратора); визначення параметрів насіння – форма, розмір, коефіцієнти тертя для насіння гречки); налаштування фізичної моделі DEM – контактні сили, гравітація, початкове завантаження насіння; моделювання руху частинок насіннєвого матеріалу через отвір та аналіз вихідного потоку; візуалізація та статистичний аналіз рівномірності потоку насіннєвого матеріалу через регульований отвір живильника. Такий методичний підхід до проведення дослідження сприятиме більш повному вивченню технологічного процесу та дозволить обрати раціональні конструктивні характеристики засобу.

Динаміка руху насіннєвого матеріалу через живильник з різним розміром вихідного отвору дозволила зробити певні апіорні висновки до протікання процесу та врахувати одержані значення кількісних характеристик при реалізації наступних етапів дослідження. Визначено динаміку потоку насіння через вихідні отвори живильника віброфрикційного сепаратора різного розміру: при 5 мм

потік стабільний, але з меншою інтенсивністю; при 10 мм потік стає більш інтенсивним, але з незначними флуктуаціями; при 15 мм спостерігається нестабільність потоку – можливі імпульсні викиди або перевантаження.

Висновок

Визначено динаміку потоку насіння через вихідні отвори живильника віброфрикційного сепаратора різного розміру: при 5 мм потік стабільний, але з меншою інтенсивністю; при 10 мм потік стає більш інтенсивним, але з незначними флуктуаціями; при 15 мм спостерігається нестабільність потоку – можливі імпульсні викиди або перевантаження.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Т. III, розділ 7. Харків: Око, 2006. 407 с.
2. Kozachenko O., Aliiev E, Pikh Y. Numerical simulation of the process of preliminary separation of the seed mixture on the screw feeder of the vibro-friction separator. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2024. 2 (125): 36–46. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-4.

УДК 631.362

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОГО РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Піх Є.О., аспірант

Державний біотехнологічний університет

Виконано фізико-математичне моделювання процесу попереднього розділення компонентів насінневого матеріалу та спрямування на деку віброфрикційного сепаратора, отримано раціональне значення швидкості подачі вихідної насінневої суміші.

Сучасні технології сепарації насінневого вороху передбачають застосування різних технічних засобів, що забезпечують одержання біологічно цінного посівного матеріалу. Актуальним залишаються питання конструктивного удосконалення машин та наукове обґрунтування раціональних параметрів на основі сучасного математичного апарату для моделювання технологічних процесів сепарації насінневих сумішей.

Важливим етапом технологічного процесу, що визначає його ефективність, слід вважати подачу вихідної насінневої суміші на робочі органи насіннеочисних машин. Для віброфрикційних сепараторів подача насінневої суміші має визначальний характер, що пов'язано із забезпеченням переміщення компонентів насінневих сумішей на робочих фрикційних поверхнях машин моношаром [1, 2, 3].

Метою роботи було моделювання процесу руху потоку суміші компонентів по обґрунтованій гвинтовій пластині живильника віброфрикційного

сепаратора.

Чисельне моделювання проведено у програмному пакеті Simcenter Star-CCM+. Розрахункова схема моделювання наведена на рис. 1

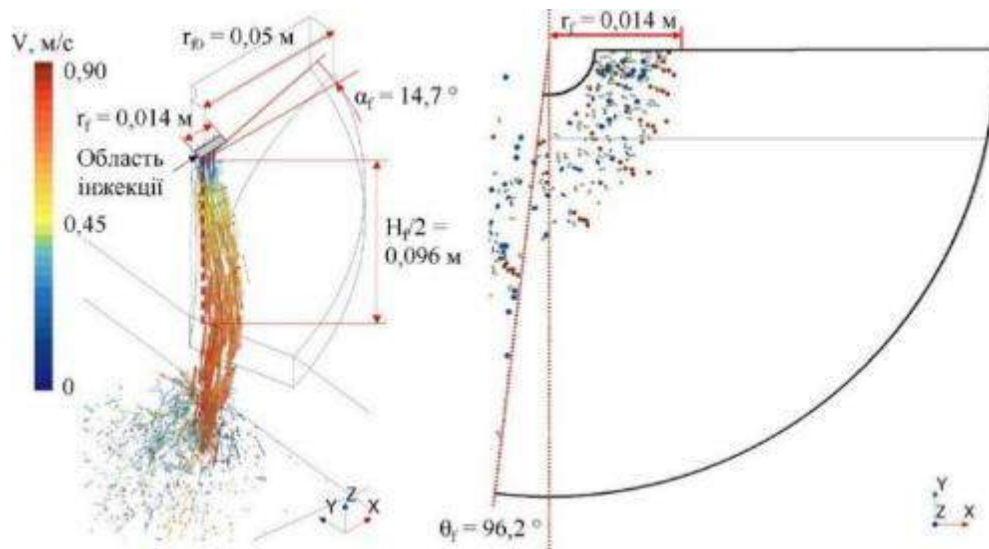


Рис. 1. Розрахункова схема чисельного моделювання гвинтового живильника

Фізико-механічних властивостей компонентів насінневої суміші прийняті, однак враховані не середні їх значення, а діапазони їх змін з урахування нормального розподілу. В якості факторів досліджень прийнято фракційний вміст компонентів в суміші – χ_n , χ_d , χ_b і швидкість подачі суміші – Q (шт/с). При цьому повинна виконуватися умова:

$$\chi_n + \chi_d + \chi_b = 1. \quad (1)$$

Рух компонентів суміші по гвинтовій пластині живильника супроводжується їх розділенням по ширині. Розподіл кожного компонента по ширині пластини може бути представлений нормальним розподілом Гауса, характерними величинами якого є середнє значення μ і середньоквадратичне відхилення σ (рис. 2).

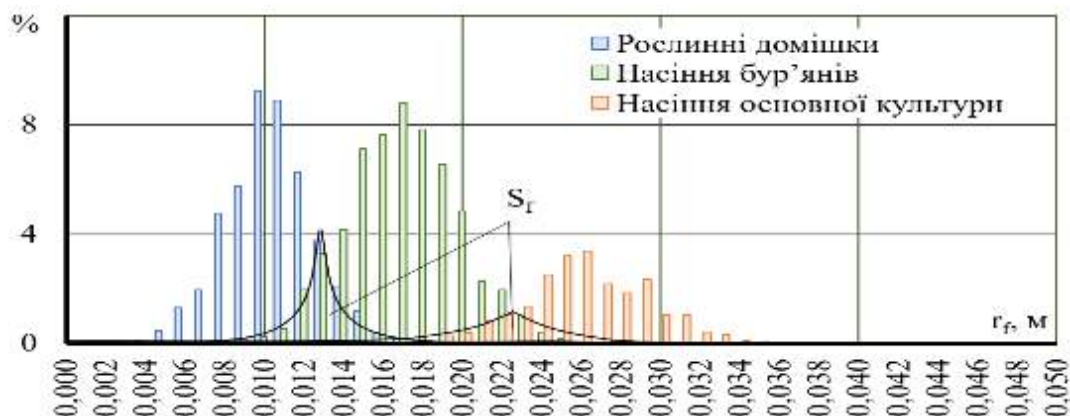


Рисунок 2 – Нормальний розподіл кожної фракції суміші по ширині гвинтової пластини живильника

Аналізуючи гістограму рис. 2 видно, що зменшення сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини призводить до більш високої якості розділення. Тому в якості критерію виберемо саме S_f і розрахуємо його для кожного досліду. Провівши аналіз отриманих даних в програмному пакеті Wolfram Cloud отримано рівняння регресії залежності S_f від фракційного вмісту компонентів в суміші χ_n , χ_d , χ_b при швидкості подачі $Q = 100$ шт./с:

$$\begin{aligned} S_f = & 0,00245064 - 0,00220809 x_5 - 0,00100382 x_5^2 - \\ & 0,00156842 x_6 + \\ & + 0,00348766 x_5 x_6 - 0,00170857 x_6^2 - 0,00252848 x_7 + \\ & 0,0029476 x_5 x_7 + 0,00275697 x_6 x_7 - 0,000159834 x_7^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Була проведена статистична обробка отриманого рівняння регресії (2) Для 22 дослідів і 95 % довірчої ймовірності табличний коефіцієнт Стьюдента (t-statistic) складає 2,09. Виключаючи незначущі коефіцієнти регресії і розкодовуючи рівняння (2) остаточно маємо:

$$\begin{aligned} S_f = & 0,0179479 - 0,000156261 \chi_b - 0,000172867 \chi_d + \\ & 1,39507 \cdot 10^{-6} \chi_b \chi_d - 0,000164661 \chi_n + 1,10279 \cdot 10^{-6} \chi_b \chi_n + \\ & 1,17904 \cdot 10^{-6} \chi_d \chi_n. \end{aligned} \quad (3)$$

Графічна візуалізація залежностей (3) наведена на рис. 3 у вигляді тривимірної тернарної діаграми, її аналіз показує, що в середині тернарної діаграми спостерігається найбільше значення сумарної площі S_f на відміну від її країв. Це пов'язано із тим, що компоненти знаходяться в рівних співвідношеннях, що підвищує ймовірність їх взаємодії між собою при русі. Підвищення кількості взаємодій компонентів між собою значно змінює траєкторії їх руху на відміну від одиничного руху, який досліджувався на першому етапі моделювання.

Для обґрунтування раціонального значення швидкості подачі Q приймаємо фракційний вміст компонентів в суміші $\chi_n = 33,3 \%$, $\chi_d = 33,3 \%$, $\chi_b = 33,4 \%$ при якому спостерігалась найбільша сумарна площа S_f . Швидкість подачі варіювали від 10 шт./с до 200 шт./с. В результаті чисельного моделювання отримана відповідна залежність (рис. 5):

$$S_f = -8 \cdot 10^{-8} Q^2 + 5 \cdot 10^{-5} Q + 0,0068, R^2 = 0,9757 \quad (4)$$

В якості критерію оцінки прийнята умова, що сумарна площа S_f повинна бути найменшою, а швидкість подачі Q – найбільшою. Математично її можна записати наступним чином:

$$S_f(Q) \rightarrow \min, \quad Q \rightarrow \max. \quad (5)$$

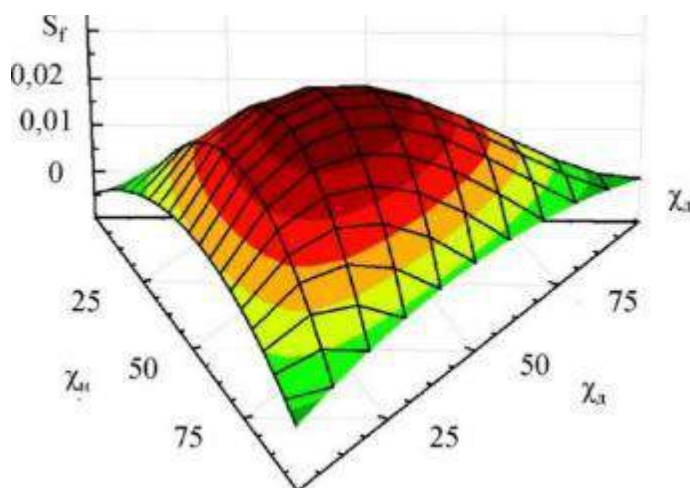


Рис.3. Тернарна діаграма залежності сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від фракційного вмісту компонентів в суміші χ_n , χ_d , χ_b .

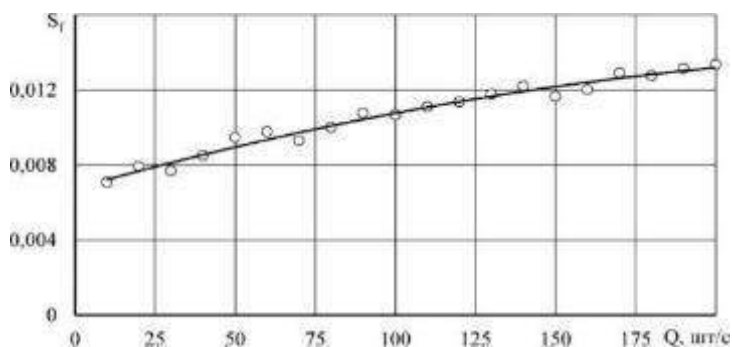


Рис.4. Залежність сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від швидкості подачі Q

Вираз (5) можна перетворити шляхом ранжування функції і об'єднання у єдиний критерій (рис. 6):

$$X = \frac{\max[S_f(Q)] - S_f(Q)}{\max[S_f(Q)] - \min[S_f(Q)]} \times \frac{Q - \min[Q]}{\max[Q] - \min[Q]} \rightarrow \max. \quad (6)$$

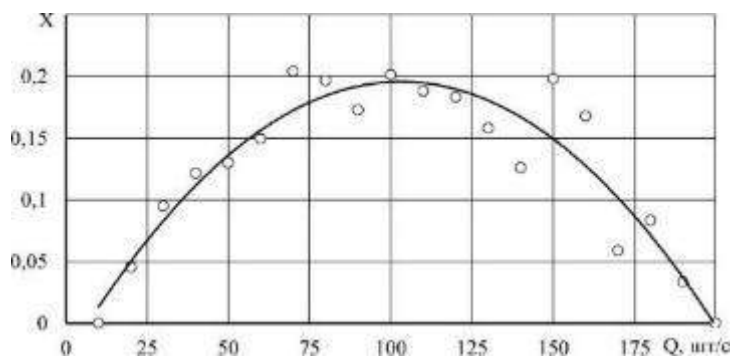


Рис. 5. Залежність критерію оптимізації X від факторів досліджень

Вирішуючи рівняння (6) у програмному пакеті Wolfram Cloud отримуємо наступне раціональне значення швидкості подачі $Q = 103$ шт/с.

Висновки За результатами моделювання траєкторії руху потоку суміші компонентів по обґрунтованій гвинтовій пластині живильника віброфрикційного сепаратора визначена залежність сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від фракційного вмісту компонентів в суміші χ_n , χ_d , χ_b і швидкості подачі Q . В якості критерію оцінки прийнята умова, що сумарна площа S_f повинна бути найменшою, а швидкість подачі Q – найбільшою. Вирішуючи математично задану умову методом ранжування функції і об'єднання у єдиний критерій отримане раціональне значення швидкості подачі суміші $Q = 103$ шт/с.

Список використаних джерел

1. Козаченко О. В., Алієв Е. Б., Бакум М. В., Михайлов А. Д., Крекот М. М. Обґрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насіннєвого матеріалу гірчиці. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. 31. С. 142-151. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-13.
2. Козаченко О. В, Бакум М. В, Піх Є. О., Завгородній О. І., Михайлов А. Д. Крекот М. М. Патент 15488 Україна. G01F13/00. Спосіб подачі сипкого матеріалу на робочі поверхні фрикційного сепаратора. Заявник Державний біотехнологічний університет, U202301838; заявл. 19.04.2023, опубл. 18.10.2023 р. Бюл. № 42.
3. О.В. Козаченко, Е.Б. Алієв, Є.О. Піх Рух насіннєвої суміші по гвинтовій поверхні живильника віброфрикційного сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. Міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. С. 84-93. DOI:10.32515/2414-3820.2024.54.84-93.
4. Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Піх Є.О. Чисельне моделювання процесу попередньої сепарації насіннєвої суміші на гвинтовому живильнику віброфрикційного сепаратора. Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ. 2024 № 2 (125). С. 36-46. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-4. (Англ. мовою).

УДК. 631.313

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ НА ПРУЖНОМУ СТОЯКУ ТА РЕГУЛЯТОРОМ ЖОРСТКОСТІ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Волковський О.М., аспірант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Представлено результати експериментального дослідження пружного стояка з регулятором жорсткості в лабораторних умовах. отримано залежності у вигляді рівнянь регресії другого порядку середнього значення

тягового зусилля рами P_1 , його середньоквадратичного відхилення σ_1 , частоти коливань робочого органу ω , середнього значення зусилля у верхній (P_2) і крайньої (P_3) точок пружного стояка дискового робочого органу від кута клиноподібної вставки стояка дискового робочого органу θ , глибини входження дискового робочого органу в ґрунт h і швидкості руху v .

Вимоги агротехніки до поверхневого обробітку передбачають утворення певного гранулометричного складу ґрунтових агрегатів при роботі дискових знарядь із дотриманням заданої глибини обробітку ґрунту.

Метою роботи є перевірка правильності та доповнення одержаних теоретичних висновків процесу взаємодії дискового робочого органу на пружному стояку з регулятором жорсткості при поверхневому обробітку ґрунту.

В результаті експериментальних досліджень отримані залежності динаміки тягового зусилля рами P_1 , тягових зусиль верхньої і крайньої точок пружного стояка P_2 і P_3 , а також кутів орієнтації трьохосового акселерометра α , β , γ для кожного досліду [1, 2]. Провівши розрахунок середніх значень, середньоквадратичних відхилень та частот коливань складено масив узагальнених даних. Згідно обраної методики у програмі Wolfram Cloud визначено рівняння регресії середнього значення сили з датчика тягового зусилля рами:

$$P_1 = 1179,57 - 250,437 x_1 - 372,646 x_2 + 170,263 x_2 - 39,875 x_1 x_2 - 63,3958 x_2^2 + 160,1 x_3 + 13,95 x_1 x_3 + 17,9 x_2 x_3 - 89,4208 x_3^2, \quad (1)$$

де x_1 , x_2 , x_3 – закодовані значення факторів: кута клиноподібної вставки стояка дискового робочого органу θ , глибини входження дискового робочого органу в ґрунт h , швидкості руху v відповідно. Провівши відхилення незначущих коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента (t-Statistic) і перетворюючи закодовані у реальні значення факторів отримуємо:

$$P_1 = -558,528 + 12181,0 h - 39622,4 h^2 + 849,185 V - 182,491 V^2 - 41,7396 \theta - 10,3513 \theta^2. \quad (2)$$

Члени рівняння, що містять змінну h , описують залежність тягового зусилля від глибини входження диска в ґрунт. Спостерігається квадратична залежність: перший член $12181,0 \cdot h$ вказує на лінійне збільшення тягового зусилля з ростом глибини, тоді як другий член $-39622,4 \cdot h^2$ зменшує тягове зусилля при збільшенні глибини. З фізичної точки зору, це може означати, що на в діапазоні глибини від 0,06 м до 0,14 м, коли диск лише входить у ґрунт, сила опору росте лінійно, оскільки більше ґрунту контактує з робочою поверхнею.

Другі два члени рівняння, що містять V , характеризують вплив швидкості руху диска і показують квадратичне збільшення тягового зусилля із збільшенням швидкості, що вказує на збільшення сили опору через більший контакт з ґрунтом при більш швидкому русі. Члени рівняння, що включають кут нахилу θ , мають негативні коефіцієнти: $-41,7396 \cdot \theta$ та $-10,3513 \cdot \theta^2$. Це означає, що зростання кута

нахилу клиноподібної вставки стояка дискового робочого органу в обидві сторони зменшує тягове зусилля. З фізичного боку це можна пояснити тим, що при більших кутах нахилу диск менш ефективно проникає в ґрунт, що знижує його здатність рухати ґрунт вперед, оскільки сила тертя та опору стає меншою.

Провівши оптимізацію рівняння (2) за умови мінімізації тягового зусилля рами отримуємо значення факторів досліджень: $\theta = 6^\circ$, $h = 0,06$ м, $v = 1$ м/с. При цьому $P_{1\min} = 73,3$ Н. Відповідно до описаної методики, у програмному середовищі Wolfram Cloud побудовано рівняння регресії середньоквадратичного відхилення сили, зафіксованої датчиком тягового зусилля рами

$$\sigma_1 = 93,5333 - 17,175 x_1 - 20,1667 x_2 + 16,0 x_3 - 1,25 x_1 x_2 + 3,68333 x_2^2 + 13,825 x_3 - 0,5 x_1 x_3 + 1,35 x_2 x_3 - 5,06667 x_3^2. \quad (3)$$

Після виключення незначущих коефіцієнтів регресії згідно з критерієм Стюдента (t-Statistic) та перетворення закодованих значень факторів у реальні одержуємо:

$$\sigma_1 = 19,9583 + 400,1 h + 19,75 V - 2,8625 \theta - 0,560185 \theta^2. \quad (4)$$

Залежність (4) має змішаний характер: вона включає як лінійні члени (по h , V , θ), так і квадратичний член по куту θ , що дозволяє відобразити нелінійний вплив цього параметра на силу опору. Збільшення глибини обробітку h і швидкості руху агрегату V призводить до збільшення середньоквадратичного відхилення сили σ_1 , що пояснюється підвищенням інтенсивності деблокованого зминання ґрунту, зростанням сили тертя та збільшенням об'єму ґрунту, що підлягає деформації під дією робочого органу. Для кута клиноподібної вставки стояка дискового робочого органу θ спостерігається оптимум (найбільше значення) в середині діапазону варіювання ($\theta = -2,55^\circ$). У певному діапазоні значення θ забезпечується оптимальне поєднання глибини проникнення, сили розпушування та мінімального опору, тоді як відхилення від цього діапазону призводить до зростання сили опору через погіршення умов різання або зростання фронтального тиску ґрунту на диск.

Провівши оптимізацію рівняння (4) за умови мінімізації середньоквадратичного відхилення тягового зусилля рами отримуємо значення факторів досліджень: $\theta = 6^\circ$, $h = 0,06$ м, $v = 1$ м/с. При цьому $\sigma_{1\min} = 26,4$ Н.

У програмному середовищі Wolfram Cloud отримано рівняння регресії для середніх значень сил, зафіксованих датчиками тягового зусилля у верхній (P_2) та крайній (P_3) точках стояка

$$P_2 = 74,2 - 11,175 x_1 - 8,025 x_2 + 24,7 x_3 - 0,35 x_1 x_2 - 1,125 x_2^2 + 11,35 x_3 - 2,55 x_1 x_3 - 2,6 x_2 x_3 - 0,625 x_3^2, \quad (5)$$

$$P_3 = 37,5333 - 5,6 x_1 - 3,40417 x_2 + 14,0125 x_3 + 0,1 x_1 x_2 + 1,52083 x_2^2 + 6,1875 x_3 - 1,65 x_1 x_3 - 1,125 x_2 x_3 + 0,570833 x_3^2. \quad (6)$$

За результатами статистичного аналізу рівнянь (5) і (4.6), після вилучення статистично незначущих коефіцієнтів регресії на основі критерію Стюдента (t-Statistic) та перетворення закодованих факторів у їхні реальні значення, отримано наступне:

$$P_2 = -15,1143 + 617,5 h + 16,2143 V - 1,8625 \theta - 0,222917 \theta_2. \quad (7)$$

$$P_3 = -12,5247 + 350,313 h + 8,83929 V - 0,933333 \theta - 0,0945602 \theta_2. \quad (8)$$

Як для P_2 , так і для P_3 , глибина входження дискового робочого органу в ґрунт (h) має позитивний вплив на величину тягового зусилля. Це проявляється в наявності позитивних коефіцієнтів при h (617,5 для P_2 та 350,313 для P_3). Фізично це можна пояснити тим, що при збільшенні глибини обробітку збільшується об'єм ґрунту, який обробляється, що потребує більшого зусилля для його переміщення. Провівши оптимізацію рівнянь (7) і (8) за умови мінімізації тягового зусилля рами отримуємо значення факторів досліджень: $\theta = 6^\circ$, $h = 0,06$ м, $v = 1$ м/с. При цьому $P_{2\min} = 18,95$ Н і $P_{3\min} = 8,32$ Н. Відповідно до обраної методики, у середовищі Wolfram Cloud побудовано рівняння регресії для частоти коливань робочого органу

$$\omega = 57,2667 - 1,475 x_1 + 2,44167 x_{12} + 3,075 x_2 - 0,8 x_1 x_2 - 0,758333 x_{22} + 1,15 x_3 + 0,6 x_1 x_3 + 0,35 x_2 x_3 - 1,25833 x_{32}. \quad (9)$$

Після вилучення статистично незначущих коефіцієнтів згідно з критерієм Стюдента (t-Statistic) та перетворення закодованих факторів у їхні реальні значення отримано:

$$\omega = 39,3647 + 76,875 h + 10,3741 V - 2,56803 V^2 - 0,245833 \theta + 0,0678241 \theta_2. \quad (10)$$

Перш за все, значний позитивний коефіцієнт при глибині входження h (76,875) свідчить про сильний вплив цього параметра на зростання частоти коливань. Це пояснюється тим, що при більшій глибині обробітку збільшується опір ґрунту, що призводить до зростання коливальних процесів у робочому органі внаслідок перерозподілу зусиль і реакцій ґрунтового середовища. Робочий орган, занурюючись глибше, стикається з більшим об'ємом ґрунту, який чинить опір нерівномірно, що й спричиняє активніші коливання.

Швидкість руху V має змішаний вплив, що проявляється в наявності як лінійного додатного члена (10,3741 V), так і квадратичного від'ємного ($-2,56803 V^2$). Кут клиноподібної вставки θ впливає на частоту коливань нелінійно. Лінійний член ($-0,245833 \theta$) свідчить про зменшення частоти коливань зі зростанням кута, що можна пояснити більш плавною взаємодією диска з ґрунтом при збільшених кутах атаки. Проте квадратичний член ($0,0678241 \theta_2$) вказує на те, що після досягнення певного значення θ зменшення частоти припиняється і починається зворотна тенденція – частота коливань знову зростає. Такий характер залежності обумовлений тим, що при невеликих кутах покращується

проникнення в ґрунт, що зменшує збурення, але при занадто великих кутах зростає лобовий опір і динамічні реакції ґрунту, що знову активізує коливання. Провівши оптимізацію рівняння (10) за умови мінімізації тягового зусилля рами отримуємо значення факторів досліджень: $\theta = 1,81^\circ$, $h = 0,06$ м, $v = 1$ м/с. При цьому $\omega_{\min} = 51,6$ Гц.

Висновки

1. В результаті експериментальних досліджень отримано динаміки тягового зусилля рами P_1 , тягових зусиль верхньої і крайньої точок пружного стояка дискового робочого органу P_2 і P_3 , а також кутів орієнтації трьохосового акселерометра α , β , γ для кожного досліді згідно плану Бокса-Бенкіна трьох факторів (кут клиноподібної вставки пружного стояка дискового робочого органу θ , h і швидкість руху v) на трьох рівнях варіації.

2. В результаті обробки експериментальних даних з використанням програми Wolfram Cloud отримано залежності у вигляді рівнянь регресії другого порядку середнього значення тягового зусилля рами P_1 , його середньоквадратичного відхилення σ_1 , частоти коливань робочого органу ω , середнього значення зусилля у верхній (P_2) і крайньої (P_3) точок пружного стояка дискового робочого органу від кута клиноподібної вставки стояка дискового робочого органу θ , глибини h і швидкості руху v .

3. За результатами проведення оптимізації рівняння (10) за умови мінімізації тягового зусилля рами отримано значення факторів досліджень: $\theta = 1,81^\circ$, $h = 0,06$ м, $v = 1$ м/с. При цьому мінімальна частота коливань дискового робочого органу $\omega_{\min} = 51,6$ Гц.

Список використаних джерел

1. О.В. Козаченко, О.М. Волковський, С.О. Дьяконов Методика чисельного моделювання напружено-деформованого стану пружного стояка з регулятором жорсткості. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. Міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. С. 142-152. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.142-152>.

2. Козаченко О.В., Волковський О.М. Моделювання напружено-деформованого стану пружного стояка дискатора з регулятором жорсткості. Вібрації в техніці та технологіях. 2024 № 1 (112). С. 11-22. DOI: 10.37128/2306-8744-2024-1-2. [in Ukrainian].

УДК 631.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ ЗА РАХУНОК МУЛЬЧУВАННЯ В ПОСУШЛИВИХ УМОВАХ

Кириченко Р.В., к.т.н., доц., Лубченко О.В., аспірант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто ефективність мульчування як способу зменшення впливу посухи та перегрівання ґрунту при вирощуванні картоплі. Використання органічної мульчі та мінеральної базальтової вати покращує гідротермічний режим і сприяє формуванню стабільного врожаю за умов кліматичних змін.

Кліматичні зміни зумовлюють погіршення гідротермічних умов, що негативно впливає на вирощування культур, чутливих до нестачі вологи та високих температур. Картопля особливо реагує на такі фактори: підвищені середньодобові температури та дефіцит вологи уповільнюють формування столонів і бульб, спричиняють перегрівання ґрунту та фізіолого-біохімічні порушення, внаслідок чого генетично закладена продуктивність реалізується неповністю.

В умовах зростання посушливості важливим напрямком удосконалення технології є застосування мульчування, яке створює сприятливий мікроклімат у зоні росту бульб. Традиційна технологія з заробкою посадкового матеріалу та багаторазовим міжрядним обробітком потребує значних енергетичних витрат і не завжди гарантує стабільний урожай у сучасних кліматичних умовах. Тому альтернативні способи вирощування картоплі на поверхні ґрунту під шаром органічної мульчі товщиною 20...25 см набувають все ширшого застосування. У якості мульчі використовують солом'яні зернових, рослинні рештки, листя та інші органічні матеріали.

Окремі технології передбачають укладання мульчі кількома шарами із різних рослинних матеріалів, що дає змогу оптимізувати тепло- та вологоутримання у кореневій зоні. Існують також рішення, які поєднують солом'яне мульчування з покриттям гребенів плівкою, що особливо ефективно за зрошення. Усі ці методи спрямовані на зменшення випаровування, пригнічення бур'янів і стабілізацію умов для утворення бульб.

Перспективним матеріалом для мульчування є мінеральна базальтова вата. Завдяки низькій щільності, високій пористості та значній вологоємності вона здатна підтримувати оптимальний температурний режим і стабільну вологість ґрунту. Після використання в гідропонних системах такі мати не втрачають фізичних властивостей та можуть бути повторно застосовані у рослинництві як ефективний мульчувальний матеріал.

Використання різних видів мульчі при вирощуванні картоплі на поверхні ґрунту дозволяє підвищити стійкість технології до погодних стресів, знизити трудові та енергетичні витрати, мінімізувати кількість агрозаходів і забезпечити отримання стабільного врожаю бульб товарної якості навіть за екстремальних кліматичних умов.

УДК 631.3.027

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ ЛЕЗА З МАТЕРІАЛОМ У ПРОЦЕСІ РІЗАННЯ ПОЖИВНИХ ЗАЛИШКІВ

Кириченко Р.В., к.т.н., доцент, Лубченко Є.В., аспірант,
Аксьонов С.П., Дорошенко Т.О., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено, що енергетичні витрати різання суттєво залежать від гостроти леза. Підтверджено степеневу залежність роботи різання від параметра δ , який визначає ефективність роботи різальних робочих органів.

Процес взаємодії різальної кромки леза з матеріалом визначає енергетичні витрати та ефективність роботи різальних робочих органів. Основною складовою загального зусилля, що прикладається до ножа при його проникненні в матеріал, є зусилля різання $P_{різ}$, величина якого залежно від умов роботи становить 40...80 % від загального критичного зусилля. Зусилля різання визначається добутком умовної площі кромки леза та руйнівального контактного напруження, а також сумарним впливом нормальних і тангенціальних реактивних сил, що діють уздовж кромки.

Нормальні складові реактивних сил формують епюру тиску вздовж різальної кромки та створюють безпосередній опір проникненню леза. Тангенціальні складові, спричинені тертям та напрямком прикладання реактивних сил, викликають бокове переміщення матеріалу, що формує додатковий протиризальний підпір. Це явище суттєво підвищує протидію матеріалу процесу різання й демонструє складну природу розподілу напружень.

Аналітичне моделювання цього процесу значно ускладнене багатофакторністю явища. Тому для розрахунків часто приймають спрощення, зокрема припущення про рівномірний питомий тиск і сталий коефіцієнт тертя по всій довжині кромки. Такі припущення приводять до лінійної аналітичної залежності $P_{різ}=f(\delta)$, що лише частково відображає реальну картину, оскільки об'єм деформованого матеріалу зростає нелінійно зі збільшенням параметра гостроти δ .

Для визначення реальних закономірностей застосовують два методи. Перший метод забезпечує максимальну наближеність до виробничих умов і полягає у дослідженні лез з однаковим кутом заточки, але різною гостротою. Другий метод точніше оцінює вплив геометрії різальної кромки шляхом випробування безфаскових пластин, товщина яких відповідає гостроті леза.

Дослідження різання рослинних матеріалів підтвердили, що робота різання і питома робота різання мають степеневу залежність від гостроти леза: $A = k\sqrt{\delta}$, де k - коефіцієнт пропорційності значення якого залежить від виду матеріалу, вологості та конструкції леза.

Таким чином, параметр δ є одним з ключових чинників, що визначає ефективність процесу різання та енергетичні показники роботи різальних елементів робочих органів сільськогосподарських машин.

УДК 631.331

СУЧАСНІ ЗАКОРДОННІ ПОСІВНІ МАШИНИ ДЛЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Кириченко Р.В., к.т.н., доц., Лубченко Є.В., аспірант,
Красін К.І., Вініченко Б.Е., здобувачі ВО**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено огляд конструкцій сучасних іноземних посівних машин для ресурсозберігаючих технологій Mini-till і No-till та визначено їх технічні особливості для виконання висіву.

Ресурсозберігаючі технології землеробства Mini-till та No-till, потребують застосування посівних машин, здатних забезпечувати якісне формування посівного ложа, дотримання глибини висіву та роботу в умовах значної кількості пожнивних решток. Сучасні виробники сівалок пропонують широкий спектр технічних рішень, спрямованих на підвищення рівномірності розміщення насіння, адаптацію до різних типів ґрунтів та мінімізацію енергозатрат.

Для проведення мульчувального та прямого посіву зернових культур компанія Amazon (Німеччина) випускає сівалку Amazone Primera DMC 6000-2C. Її головною особливістю є застосування долотоподібних сошників із гострим кутом входження в ґрунт і паралелограмною підвіскою, що забезпечує стабільне формування борозни та точне дотримання глибини висіву. Задній подвійний коток ущільнює ґрунт у зоні посіву, покращуючи контакт насіння з ґрунтовим середовищем та створюючи оптимальні умови для проростання.

Система REVOMAT, яка встановлена на сівалці, виконує функцію запобіжного механізму, який гарантує надійну роботу навіть на кам'янистих ділянках. Заробка насіння здійснюється за допомогою рамкових котків у поєднанні зі штригелем Ехакт або прикочувальною балкою.

Рамковий коток складається з відбивних дисків і опорних рамок, виготовлених методом лиття з цільного металу, що підвищує їхню зносостійкість. Рамки, розташовані зовні дисків, утримують долото і забезпечують постійну глибину висіву. Наявність рамкових котків по обидва боки кожного сошника сприяє поверненню відкинутого долотом ґрунту назад у борозну, формуючи ущільнене насіннєве ложе. Сошники змонтовані на поздовжніх траверсах у чотири ряди з міжряддям 18,75 см, формуючи наскрізний канал довжиною 75 см, що покращує прохідність робочих органів по мульчі. Глибина висіву регулюється централізовано для кожної групи сошників

Комбінована сівалка OMEGA OO FL чеської компанії BEDNAR призначена для посіву зернових культур як за традиційною, так і за мінімальною технологією обробітку ґрунту. На передній частині машини встановлений пневматичний коток з гумовими колесами діаметром 710 мм, який вирівнює поверхню поля, ліквідуючи борозни, та одночасно забезпечує стійке положення агрегату під час роботи. Коток втискає пожнивні рештки в ґрунт, покращуючи прохідність сівалки та сприяючи створенню мульчованого шару.

Посівні комплекси OMEGA обладнані двома рядами дисків, які подрібнюють рослинні рештки, частково перемішують їх із ґрунтом і створюють передпосівну структуру з аерацією. Глибина ходу дисків регулюється гідравлічно, що дозволяє змінювати інтенсивність роботи або повністю виводити їх із процесу.

Застосування рифлених дисків діаметром 460×5 мм підсилює подрібнювальний ефект у порівнянні зі стандартними. Диски встановлені попарно на одній стійці, при цьому відстань між стійками становить 49 см, що сприяє високій прохідності навіть при значній кількості рослинних залишків.

За потреби сівалку можна доукомплектувати гострими дисками –Turbo-колтерами, розташованими позаду дискової секції, які додатково подрібнюють стерню та утворюють рядок для висіву насіння.

Дводискові сошники зі зміщеними один відносно одного дисками створюють борозну та рівномірно зароблюють насіння ґрунтом, після чого здійснюється прикочування. При встановленні задньої зубової борони її робота налаштовується відповідно до твердості ґрунту.

Посівний комплекс «MEGASEED» (Німеччина) представляє собою причіпну сівалку з ґрунтообробною секцією, яка випускається у варіантах із шириною захвату 3, 4, 4,5 та 6 м. Посівний комплекс може виконувати сівбу як за традиційною технологією, так і за ресурсозберігаючою з міжряддям 12,5 см.

Посів здійснюється по мульчованому шару, утвореному під час попередніх операцій подрібнення та заробки рослинних решток. На ґрунтах із невеликою щільністю машина може використовуватись і для прямого посіву, застосовуючи мульчуючі робочі органи.

В залежності від умов поля сівалка може комплектуватися дворядною дисконожовою бороною, комбінацією S-подібних зубових борін, зубчастими котками або дворядними мульчуючими дисками, які поєднуються з котками діаметром 640...660 мм зубчастими або гумовими. Котки забезпечують оптимальне ущільнення і рівномірну заробку насіння на задану глибину.

Глибина ходу робочих органів регулюється механізмом прикочувальних котків залежно від типу ґрунту та культури.

Вирізні дискові сошники на підшипниках формують борозенки для висіву, і завдяки тиску до 800 Н на сошник забезпечується стабільна робота і точне дотримання глибини посіву на різних типах ґрунтів.

Пружинний загортач, розташований позаду, має регульований кут атаки, що дає змогу ефективно працювати навіть при великій кількості рослинних решток без забивання.

Використання дисконожових борін та мульчувальних дисків дозволяє одночасно проводити сівбу і заробку залишків у ґрунт, формуючи рівномірний посівний шар.

Аналіз конструкцій сучасних посівних комплексів та сівалок показує, що виконання сівби зернових культур за технологією Mini-till і No-till можливе із застосуванням трьох типів сошників: дискових, долотоподібних і лапових. Кожен тип сошника забезпечує різні технологічні ефекти та адаптований до певних польових умов.

УДК 631.331

АГРОТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ТОЧНОГО ВИСІВУ ДРІБНОГО НАСІННЯ

Кириченко Р.В., к.т.н., доц., Сліпцов О.Ю., Булига О.С., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто ключові показники якості сівби та їх вплив на ефективність роботи сівалок точного висіву. Наведено агротехнічні та експлуатаційні вимоги для оцінки існуючих і розробки нових посівних машин.

Якість виконання сівби визначається низкою ключових показників, серед яких основними є рівномірність розподілу насіння в рядку, стабільність глибини заробки та густота стояння рослин.

Ефективна сівба можлива лише за умови якісного передпосівного обробітку ґрунту та відповідної підготовки насіння.

Для якісного висіву дрібного насіння особливо важливим є створення розпушеного та вирівняного посівного шару, в якому не повинно бути великих грудок і рослинних решток. Пасивні культиватори не забезпечують необхідної структури ґрунту, тому для дрібнонасінневих культур доцільно застосовувати фрезерні культиватори або інші знаряддя з активними робочими органами.

Підготовка насіння також впливає на роботу висівних апаратів: його вирівнювання за розміром та видалення опушення знижують ризик пропусків або двократної подачі, що особливо актуально для овочевих культур.

До основних вимог щодо виконання сівби належить забезпечення поздовжньої та вертикальної рівномірності розміщення насіння. Ці параметри впливають на одночасність проростання та подальший розвиток рослин. Однак для дрібнонасінневих культур кількісних даних щодо впливу нерівномірності розподілу насіння на урожайність майже немає, що ускладнює формування точних нормативів.

Агротехнічні вимоги до посівних машин включають як техніко-експлуатаційні показники (надійність, економічність, простота обслуговування), так і виробничо-технологічні (продуктивність, точність висіву, універсальність застосування). Саме вони визначають придатність техніки до різних умов та культур.

Аналіз літературних даних і результатів досліджень дозволив виділити орієнтовні критерії оцінювання якості технологічного процесу. Для однонасінного висіву частка одиночних насінин має становити щонайменше 60 %, випадків трьох-чотирьох насінин не більше 30 %, а п'яти й більше до 10 %. Коефіцієнт варіації інтервалів між насінням не повинен перевищувати 30 %, а варіація глибини заробки 20 %. У шарі заданої глибини допускається розміщення до 80 % насіння.

Сформульовані вимоги можуть бути використані як для оцінювання існуючих конструкцій посівних машин, так і для створення нових технічних рішень, спрямованих на підвищення якості процесу сівби.

631.95:355.01

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ ДЛЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ТА ВИКЛИКИ ДЛЯ СУЧАСНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**Кириченко О.А., завідувачка навчально-методичної лабораторії,
Кириченко Р.В., к.т.н., доцент, Білоусов А.О., Серeda М.В., здобувачі**

*Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж
імені В. І. Вернадського*

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто масштаби забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів внаслідок бойових дій. Окреслено специфічні виклики, що постають перед фахівцями галузі сільськогосподарського машинобудування та інженерії тваринництва у зв'язку з необхідністю відновлення виробництва на постраждалих територіях.

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну трансформувалося не лише у гуманітарну, але й у глибоку екологічну кризу. Руйнівний вплив війни на природні екосистеми створює безпрецедентні загрози для продовольчої безпеки держави та сталого функціонування агропромислового комплексу. Сьогодні питання оцінки збитків довкіллю та пошуку шляхів їх мінімізації стає ключовою темою наукових дискусій, що об'єднують досвідчених педагогів та молодих науковців, адже саме від технічного прогресу та інноваційних рішень залежить майбутнє відновлення аграрного потенціалу країни.

Масштаби екологічної деструкції внаслідок бойових дій сягають безпрецедентних масштабів. Інтенсивні воєнні дії призводять до комплексного забруднення усіх компонентів довкілля. Атмосферне повітря зазнає колосального навантаження через масштабні пожежі на інфраструктурних об'єктах, детонацію боєприпасів та горіння паливно-мастильних матеріалів. За оцінками експертів, загальний обсяг шкідливих викидів в атмосферу вже обчислюється десятками мільйонів тонн. Особливу небезпеку становить знищення військової техніки, що супроводжується вивільненням у повітря десятків тисяч тонн високотоксичних сполук. Важливо зазначити, що таке забруднення має транскордонний характер, негативно впливаючи на екологічний стан сусідніх європейських держав.

Значної шкоди зазнають водні ресурси України. Руйнування очисних споруд, дамб та промислових підприємств призводить до потрапляння небезпечних хімічних речовин у поверхневі та підземні води. Це не лише спричиняє загибель гідробіонтів та руйнування водних екосистем, але й створює пряму загрозу для забезпечення населення питною водою та унеможливорює використання цих джерел для потреб сільського господарства, зокрема для зрошення та напування худоби.

Окремою трагедією є руйнування об'єктів природно-заповідного фонду. Близько п'ятої частини природоохоронних територій України, що становить мільйон гектарів унікальних біоценозів, які постраждали від війни. Їх відновлення ускладнене тотальним мінуванням та хімічним забрудненням.

Найбільш критичним наслідком для АПК є довгострокове пошкодження земельних ресурсів. Українські чорноземи, які є основою аграрної економіки, на значних площах, зокрема у Харківській, Херсонській та інших областях, стали непридатними для ведення сільського господарства.

Основними факторами деградації агроландшафтів є: механічне забруднення та мінна небезпека (поля всіяні нерозірваними боєприпасами, уламками техніки та вирвами від вибухів, що унеможлиблює проведення польових робіт) та хімічна токсикація (грунти акумулюють важкі метали та токсичні залишки вибухових речовин). Таке забруднення може зберігатися десятиліттями, роблячи сільськогосподарську продукцію, вирощену на цих землях, небезпечною для споживання.

Ці фактори формують реальні передумови для локальних продовольчих криз та вимагають виведення з обігу значних площ орних земель.

Складна екологічна ситуація диктує нові вимоги до технічного забезпечення АПК, адже традиційні підходи до ведення господарства на постраждалих територіях стають неефективними або неможливими.

У сільськогосподарському машинобудуванні виникає нагальна потреба у розробці та впровадженні спеціалізованої техніки:

- дистанційно керованих роботизованих комплексів для обстеження полів на наявність вибухонебезпечних предметів та проведення розмінування;
- машин для рекультивації земель, здатних працювати на ґрунтах з порушеною структурою та проводити заходи з детоксикації;
- сільськогосподарської техніки з посиленням захистом кабіни оператора для роботи у зонах підвищеного ризику.

Інженерія тваринництва також стикається з серйозними викликами. Руйнування ферм та забруднення довкілля вимагають перегляду підходів до утримання тварин:

Необхідне проектування нових тваринницьких комплексів з автономними системами життєзабезпечення, особливо системами глибокого очищення та фільтрації води, оскільки використання відкритих джерел може бути небезпечним для поголів'я.

Розробка інженерних рішень для швидкого зведення модульних ферм на безпечних територіях для переміщених підприємств та впровадження автоматизованих систем моніторингу здоров'я тварин в умовах підвищеного екологічного стресу.

Екологічні наслідки збройної агресії створили безпрецедентні виклики для сталого розвитку України та її агропромислового комплексу. Подолання цих наслідків вимагає не лише розробки національної стратегії відновлення екосистем та посилення міжнародної співпраці, але й мобілізації науково-технічного потенціалу.

УДК 621.929.7

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДОЗУВАННЯ ІНГРЕДІЄНТІВ КОМБІКОРМІВ В ТВАРИННИЦТВІ

Васовчик С.С., Робейко С.В. здобувачі ВО, Семенцов В.В. к.т.н. доцент,
Семенцов В.І. к.т.н. доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Для заданих сипких матеріалів аналітично-експериментально встановлені раціональні параметри запропонованого дозатора. Розроблена методика та обґрунтовані параметри перспективного типу дозаторів з керованим вібророзрідженням з урахуванням конструктивно-кінематичних параметрів конструкції та властивостей сипких матеріалів.

Чисельні розрахунки отриманих математичних виразів та побудову залежностей виконували в наступній послідовності. Визначали розподілення тиску по об'єму бункера та знаходили його значення біля робочої зони:

$$p_1 = p(h) = p_a + \rho gh \quad (1)$$

де p_a – тиск поза дозатором, $p = 1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Н/м}^2$.

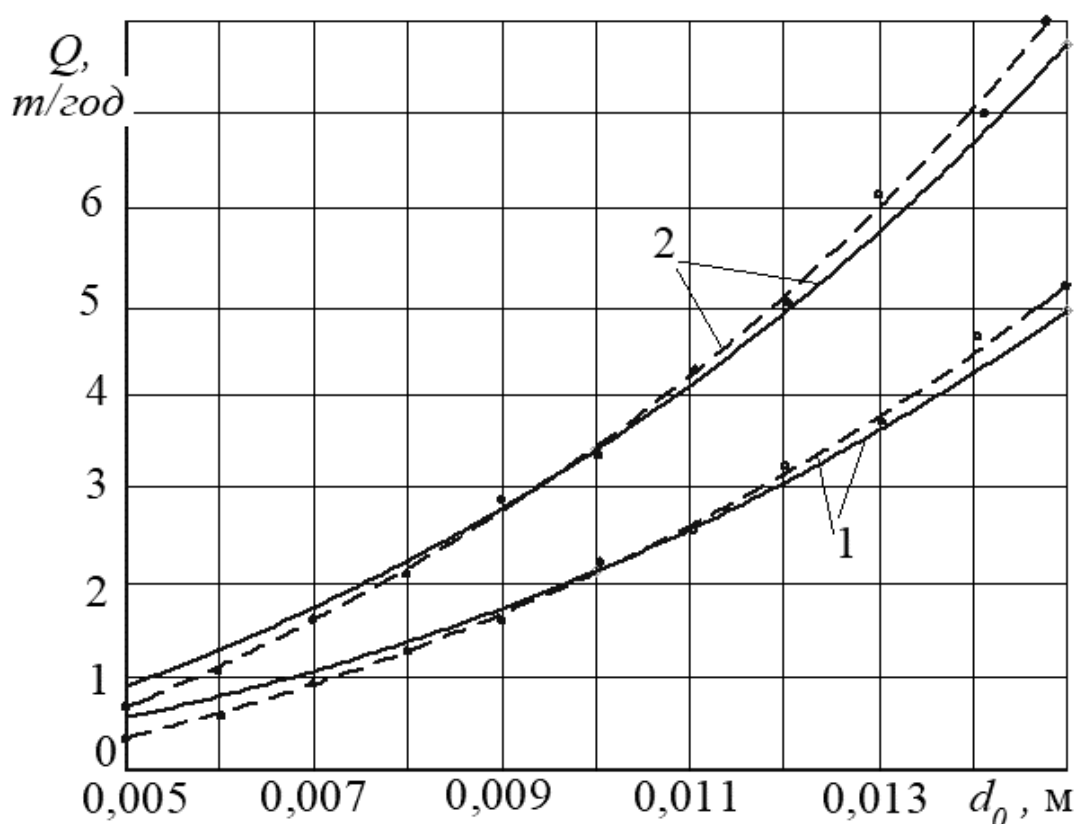


Рис. 1. Залежності продуктивності дозатора від діаметрів отворів робочої зони: ($A=6\text{мм}$, $l_0=1\text{мм}$; $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$) ----- - експериментальні дані; — - аналітичні дані

Продуктивність дозатора визначалася за виразом:

$$Q = \frac{3600 \cdot \bar{m}}{1000 \cdot t \cdot \rho} \text{ кг/год,} \quad (2)$$

де $\bar{m}$ – середня маса проби, г; t – час відбору проби, с; ρ – щільність сипучого матеріалу, кг/м³.

Розглянули інтегральну характеристику – витрат середовища через заданий отвір робочої зони:

$$q_1 = f(d_0, l_0, \mu, \Delta p) \quad (3)$$

де d_0 , l_0 – діаметр та товщина отвору; $\Delta p = p_1 - p_0$ – перепад тиску на l_0 ; μ – в'язкість середовища.

Побудовані залежності (рис.1) дозволяють при відомих параметрах частоти та амплітуди коливання пристрою, розмірах отворів робочої зони прогнозувати технологічну продуктивність дозатора.

Висновки

1. Дослідженнями процесу дозування інгредієнтів комбікормів запропонованою конструкцією дозатора, встановлено, що збільшення діаметрів отворів робочої зони та збільшення частоти коливань робочого органу істотно підвищує продуктивність дозатора.

2. Враховуючи результати аналітичних та експериментальних досліджень встановлені раціональні конструктивно-кінематичні параметри запропонованого дозатора.

Список використаних джерел

1. Modeling of the Dosing Process of Loose Fine-Dispersed Materials with a Sieve Dispenser [Electronic resource] / V. Sementsov, S. Kharchenko, S. Taras, S. Samborski, V. Voloshchuk, V. Sementsov, O. Maiorov, M. Nikolov // AIP Conference Proceedings: 30th Technical and Scientific Conference on Transport, Ecology - Sustainable Development, Hybrid, Varna, June 13-15, 2024. - Varna, 2024. - Vol. 3294, Issue 1. - Ст. 020016. - <https://doi.org/10.1063/5.0255757>

2. Investigation of dimensional characteristics of pea and millet grain [Text] / O. Nanka, M. Bakum, V. Nagaev, M. Krekot, V. Sementsov, T. Mityashkina, T. Shchur // Teka : Półrocznikiem journal of agri-food industry. - Rzeszow- Lviv, 2021. - Vol. 21, № 1.

УДК 631.31

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ СКЛАДНОГО РЕЛЬЄФУ

Бурсова М. А., асистент кафедри

Полтавський державний аграрний університет

У статті наведено результати дослідження технологічних рішень для основного обробітку ґрунту на схилових землях. Обґрунтовано необхідність удосконалення конструкції глибокорозпушувача для забезпечення підвищеної якості розпушення та зниження енергоємності процесу. Запропоновано конструкцію адаптивного глибокорозпушувача зі стійками, що автоматично коригують своє положення відносно горизонту відповідно до ухилу поля.

Сучасне сільське господарство характеризується постійним зростанням інтенсивності використання земельних ресурсів, що особливо гостро відчувається у регіонах зі складним рельєфом. Схилові земельні масиви – це один із найбільш проблемних типів агроландшафтів, де будь-яке механічне втручання може істотно змінити структуру ґрунтового профілю, спричинити ерозію та прискорити дегуміфікацію.

Нині понад 50% орних земель України мають ухил більше 3°, що вже є критичним з погляду ерозійної небезпеки. На таких територіях традиційні підходи до обробітку ґрунту, побудовані на застосуванні відвальних плугів або важкої техніки, можуть спричиняти: швидке утворення промивин і ярів; втрати гумусу та поживних речовин; переущільнення орного й підорного шару; зниження водопроникності та інфільтрації; порушення природної структури ґрунту та різке зниження урожайності.

Проблема поглиблюється під впливом сучасних кліматичних змін: збільшення частоти інтенсивних опадів та злив значно прискорює ерозійні процеси, особливо в умовах неправильно організованого обробітку ґрунту.

У цьому контексті глибоке безвідвальне розпушування набуває особливого значення. Його необхідність обумовлена тим, що воно: зберігає природний профіль ґрунту; руйнує плужну підшову; покращує водно-повітряний режим; зменшує поверхневий стік; забезпечує протиерозійну стійкість.

Проте серійні глибокорозпушувачі не розраховані на ефективну роботу на схилах. Вони не враховують зміну навантажень, особливості ґрунтової деформації та специфіку розподілу сил у похилому ґрунтовому шарі. Це зумовлює необхідність розробки спеціалізованих робочих органів та нових конструктивних рішень.

Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності основного обробітку ґрунту на схилових землях шляхом удосконалення конструктивно-технологічних рішень глибокорозпушувача.

Для її досягнення необхідно було вирішити такі завдання:

1. Дослідити процес взаємодії робочих органів із ґрунтом на значних глибинах.

2. Розробити конструкцію адаптивного глибокорозпушувача.

3. Виконати моделювання напружено-деформованого стану робочих елементів.

4. Провести випробування та сформувавши економічну оцінку ефективності.

При ухилі 4–8° інтенсивність ерозії зростає у 7 разів порівняно з рівнинними умовами. В умовах різкої зміни клімату це стає ключовим обмеженням для ефективного землеробства.

Проблеми включають:

- утворення плужної підшви — щільного шару, який блокує проникнення води;
- підвищення поверхневого стоку, який видаляє верхній родючий шар;
- зниження вмісту гумусу, яке в Україні сягає 0,62 т/га щорічно;
- втрати врожайності до 50% у зонах інтенсивної ерозії.

Недоліки традиційних способів обробітки: відвальний обробіток спричиняє змішування шарів, втрату структури та вологи; дискування не руйнує ущільнені горизонти; фрезерування працює лише на дрібних глибинах; комбіновані агрегати мають високу енергоємність та складну конструкцію.

До проблем сучасних глибокорозпушувачів відносимо: фіксована геометрія стійок; нестабільність роботи на схилі; високий тяговий опір; нерівномірна зона розпушення; інтенсивне абразивне зношування; неможливість формування внутрішньогрунтових опорних стінок.

Для теоретичної частини використано: структурно-параметричний аналіз; математичне моделювання взаємодії робочих органів із ґрунтом; інженерне прогнозування тягових та силових характеристик; комп'ютерне моделювання — для аналізу робочих органів.

Експериментальна частина включала лабораторні дослідження, польові випробування, статистичний аналіз варіаційних рядів.

У конструкцію удосконаленого глибокорозпушувача запропоновано внести систему автоматичного вирівнювання стійок. Стійки мають можливість повороту на кут β , що відповідає ухилу поля, зберігаючи вертикальність відносно горизонту. До переваг даного рішення відносимо мінімізацію бокових сил, рівномірне розподілення деформацій по всій глибині, формування внутрішньогрунтової підпірної стінки, зниження ризику сповзання ґрунту, стабільна глибина розпушення.

До складу системи входить датчик положення, електромагнітний гідророзподільник, логічний блок керування, гідропривід корекції кута.

Ще один варіант удосконалення це парні стійки з деформаторами. Пари стійок утворюють спрямовану зону розпушення, розширюючи її форму та збільшуючи стійкість схилу. Коли деформуючі елементи встановлено лише з зовнішніх боків стійок це зменшує тяговий опір, покращує напрям розпушення, збільшує ширину зони дії.

У випадку оптимізації пластини, проведене моделювання показало, що максимальні напруження виникають в зоні кріплення. Тому оптимальними параметрами робочого органу є: оптимальна товщина 12 мм, оптимальний кут

атаки $25\text{--}35^\circ$, виникає необхідність гранованої форми робочої частини, кут заточування 17° .

Виконано розрахунки сили взаємодії з ґрунтом за адаптованою формулою В.П. Горячкіна. Основні результати наступні: лобовий опір $G_{zp} = 1644$ Н, сила тертя $F_{mp} = 1749$ Н. Це дозволило визначити оптимальні геометричні параметри робочого органу та вимоги до тягового класу трактора.

Для більшості ґрунтів критична глибина розпушення становить 30-40 см. Нижче цієї межі ґрунт має надвисоку щільність, тому робочі органи мають бути спеціальної форми, деформатори повинні працювати у двох зонах надкритичній та підкритичній. Експериментальні дослідження та польові випробування показали, що відбувається покращення структури ґрунту за рахунок підвищення пористості, зниження щільності в зоні 30–60 см, розширення площі розпушеного профілю на 15%.

Змінюються енергетичні показники, а саме знижується тяговий опір на 8–12% та підвищується стабільність тягових характеристик при роботі на ухилах до 20° .

Відмічалися покращення агрономічних та фізіологічних показників ґрунту та рослин. Зафіксовано підвищення інфільтрації та водопроникності, зменшення стоку та рівномірний розвиток кореневої системи.

Розрахунки на економічну ефективність дали наступні результати: продуктивність праці зростає на 20–25%; паливні витрати знижуються до 231 грн/га; річний економічний ефект становить 83,4 тис. грн; термін окупності інвестицій – 2,74 року. Це підтверджує доцільність широкого впровадження удосконаленого агрегату.

Висновки

Удосконалений глибокорозпушувач забезпечує підвищену якість обробітку схилових земель за рахунок адаптивної системи орієнтації стійок. Створено конструкцію, що знижує тяговий опір, покращує кришення ґрунту та формує внутрішньогрунтову стінку, яка підвищує стійкість рельєфу. Розроблені ґрунторихлячі пластини продемонстрували оптимальні показники міцності і довговічності. Економічні результати доводять доцільність упровадження розробленого агрегата у господарствах різних масштабів.

Список використаних джерел

1. Simon O., Manuwa S. Subsoiler Development Trend in the Alleviation of Soil Compaction for Sustainable Agricultural Production. *International Journal of Engineering and Technology*. 2018. Vol. 7. P. 29-38.
2. Merga Workesa Dula, Dereje Alemu Anawute. Design of Sub-Soiler for Deep Tillage Operation of Compacted Soil Due to Heavy Duty Agricultural Machinery Traffic on the Field. *Middle East Journal of Applied Science & Technology*. 2021. Vol.4, Iss.1, P. 30-50.
3. Song W, Ren L, Wang J, Ma Y, Guo Y, Han M, Zhao H. Methods for Constructing Soil Dynamic Models Under Intelligent Cultivation: Dynamic Interaction Mechanisms Between Farming Tools with Complex Structures and Soil. *Agriculture*. 2025; 15(13):1355. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131355>

УДК 631.372

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ МАШИН ТА АГРЕГАТИВ

Кусков М.А. д.ф.

*Державний біотехнологічний університет**Ідеологія дослідження математичного моделювання поведінки механічних систем у режимі реального часу.*

Останнім часом у дослідженнях динаміки тракторів та МТА широко використовується ідеологія математичного моделювання поведінки механічних систем у режимі реального часу. Це дозволяє значно знизити фінансові та часові витрати, а також виявити недоліки системи на ранній стадії розробки до початку стадії експериментів на реальній техніці.

Як правило, при розробці моделі керування рухом колісної машини застосовують теорію автоматичного керування або спрощені напівемпіричні підходи. Крім того, сучасною тенденцією є використання алгоритмів керування, заснованих на алгоритмах нечіткої логіки.

Багато ранніх моделей ґрунтуються на тому, що поведінка водія може бути апроксимована лінійною та незалежною від часу динамікою. Вони відомі як моделі з передавальною функцією.

До іншої групи напівемпіричних моделей відносяться прогнозні моделі. У таких моделях відбувається оцінка (прогнозування) розташування колісної машини через певний проміжок часу.

Однією з найпоширеніших і найефективніших прогнозних моделей управління є модель МакАдама. В основі керування лежать спрощені лінійні рівняння руху автомобіля з двома ступенями свободи. Кут повороту рульового колеса обчислюється виходячи з мінімізації відхилення прогнозованої траєкторії руху машини від бажаної траєкторії (рис. 1).

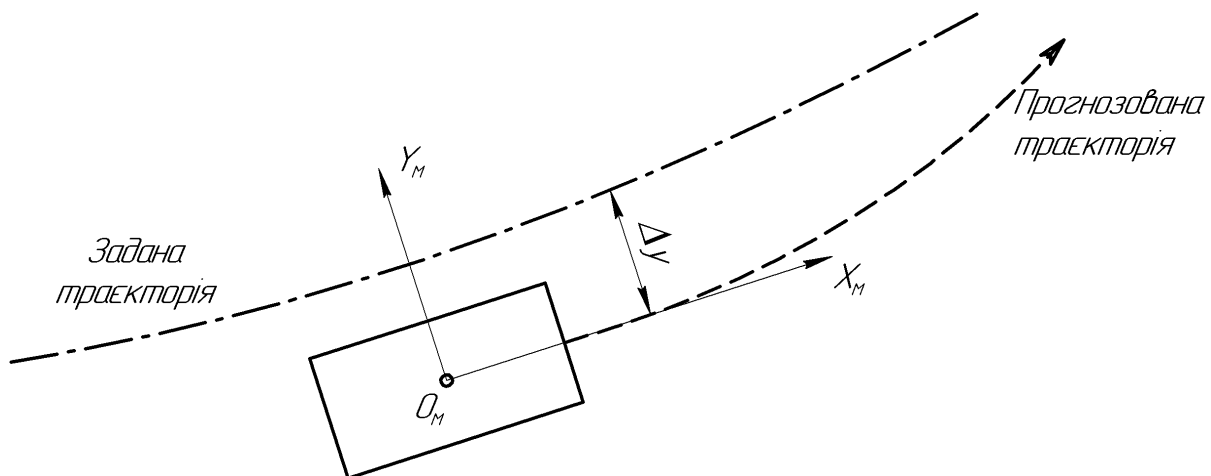


Рисунок 1 – Велосипедна модель машини

Лінійні рівняння руху у цих змінних мають вигляд:

$$\begin{cases} \dot{y} = v_x \psi + v_y; \\ \dot{v}_y M = -\frac{C_f - C_r}{v_x} \dot{y} + \left(\frac{C_r l_2 - C_f l_1}{v_x} - M v_x \right) \omega_z + C_f \theta; \\ \dot{\omega}_z I_z = \frac{C_r l_2 - C_f l_1}{v_x} \dot{y} - \frac{C_f l_2 - C_r l_1}{v_x} \omega_z + C_f l_1 \theta, \end{cases}$$

де v_x, v_y – проекції швидкості центру мас на поздовжню та поперечні осі машини;

ω_z – кутова швидкість навколо вертикальної осі;

l_1, l_2 – відстань від центру мас до передньої та задньої осі;

M, I_z – маса та момент інерції машини щодо вертикальної осі;

C_f, C_r – наведені (сумарні) коефіцієнти опору бічному виводу передніх та задніх коліс.

Спостережуваною величиною є поперечна координата центру передньої осі, що визначається виразом:

$$y_v = y + l_1 \psi. \quad (1)$$

У матричній формі з урахуванням (1) та (2) рівняння мають вигляд: [bookmark6bookmark6](#)

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu; \quad y_v = C^T x; \\ x &= \begin{pmatrix} y \\ \psi \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix}; \quad A = \begin{pmatrix} 0 & v_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\frac{C_f - C_r}{M v_x} & \frac{C_r l_2 - C_f l_1}{M v_x} - v_x \\ 0 & 0 & \frac{C_r l_2 - C_f l_1}{I_z M v_x} & -\frac{C_f l_1^2 - C_r l_2^2}{I_z v_x} \end{pmatrix}; \\ B &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{C_f}{M} \\ \frac{C_f l_1}{I_z} \end{pmatrix}; \quad C = \begin{pmatrix} 1 \\ l_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (3)$$

З припущенням $u = \text{const}$ загальне рішення системи рівнянь (3) буде мати вигляд:

$$x(t) = e^{At} x_0 + \int_0^t e^{A(t-\tau)} B d\tau; \quad y_v(t) = F(t) x_0 + g(t) u. \quad (4)$$

де x_0 – матриця стовпець початкових умов;

$F(t)$ – матриця-рядок розміром 1×4 ;

$g(t)$ – скалярна функція яка має вигляд:

$$F(t) = Ce^{At}; \quad g(t) = \int_0^t F(\tau) d\tau. \quad (5)$$

Подальшим розвитком моделі МакАдама є модель із прогнозуванням другого порядку. У моделі керування рульового колеса розраховується безперервно на кожному кроці інтегрування рівнянь руху.

Спрощена велосипедна модель може застосовуватись для дослідження динаміки сільськогосподарських тракторів, машин та агрегатів.

Дослідженнями динаміки, ефективності функціонування машин та МТА займалися Адамчук В. В., Кравчук В. І., Булгаков В. М., Лебедєв А. Т., Надикто В. Т., Артьомов М. П., Подригало М. А., Пастухов В. І., Мельник В. І., Самородов В. Б. Антощенко Р. В., Шуляк М. Л., Калінін Є. І., Галич І. В., Ярошенко П. М. та ін.

Повний опис всіх аспектів динамічної поведінки елементів колісних машин та динамічних процесів, що відбуваються при русі, не є можливим і далеко не завжди необхідним. У зв'язку з цим виникає необхідність абстрагування від приватних особливостей колісної машини та заміна її деякою узагальненою динамічною моделлю, яка з достатнім ступенем відображає реальну машину (трактор) та його необхідні для дослідження експлуатаційні характеристики.

Варто зазначити, що при розробці математичної моделі в більшості випадків приймається ряд припущень або спрощень: заміна коліс однієї осі одним еквівалентним, не враховуються дії аеродинамічних сил і гіроскопічних моментів коліс, що обертаються, рух автомобіля приймається що відбувається з однаковою швидкістю та ін.

Список використаних джерел:

1. Антощенко Р. В., Кусков М. А. До дослідження плоско-паралельного руху посівного машинно-тракторного агрегату. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2024. № 25. С. 291–305. <https://doi.org/10.37700/ts.2024.25.291-305>.
2. Кусков М. А. Експериментальні дослідження посівного машинно-тракторного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2025. № 26. С. 222–234. <https://doi.org/10.64165/ts.2025.26.222-234>.
3. Ditzler L., Breland T. A., Francis C., Chakraborty M., Singh D. K., Srivastava A., Eyhorn F., Groo, J. C. J., Six J., Decock C. Identifying viable nutrient

УДК 621.928.13

РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОБНИЧИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗЕРНОВОГО СЕПАРАТОРА А1-БЦСМ-100 З МОДЕРНІЗОВАНИМИ РЕШЕТАМИ

Бредихін В. В., д.т.н., професор, Півень М. В., к.т.н., доцент,
Ковальов Б. С., студент

Державний біотехнологічний університет

В роботі представлені результати виробничих випробувань вібровідцентрового зернового сепаратора А1-БЦСМ-100 з модернізованими решетами.

Для очищення і сортування зернових сумішей використовують зернові сепаратори, найбільш високопродуктивними з яких є вібровідцентрові А1-БЦСМ-100. Одним із шляхів підвищення ефективності сепарування зернових сумішей (ЗС) є застосування модернізованих решіт з розпушувачами шару у вигляді ребер або продовгуватих рифлів, розташованих на поперечних перемичках робочої поверхні.

У роботах [1, 2] виконано теоретичні та експериментальні дослідження з обґрунтування параметрів процесу сепарування ЗС модернізованими решетами. Однак, найбільш достовірні дані про ефективність роботи нових решіт можна отримати за результатами виробничих випробувань в умовах тривалої експлуатації.

Мета роботи – проведення порівняльних із серійними виробничих випробувань модернізованих решіт, визначення параметрів ефективності їхньої роботи.

Виробничі випробування модернізованих решіт проведені на вібровідцентровому сепараторі А1-БЦСМ-100 на очищенні ЗС озимої пшениці “Донецька 48”, ячменю “Одеський 131” та жита “Харківське 98” природного гранулометричного складу з вологістю до 14%, на Новопокровському комбінаті хлібопродуктів (Харківська обл., Чугуївський р-н.). Кінематичні параметри сепаратора прийняті паспортними та взяті з технічної характеристики: амплітуда коливань решіт – 6 мм; кругова частота коливань – 94,2 рад/с; кутова швидкість обертання решіт – 11,77 рад/с. Форма та розміри отворів решіт при очищенні ЗС пшениці, ячменю: підсівних – прямокутні $2,0 \times 16$ мм², сортувальних – прямокутні $2,4 \times 16$ мм², зернових – круглі Ø6 мм; при очищенні ЗС жита – відповідно $1,7 \times 16$ мм², $2,0 \times 16$ мм², Ø4,5 мм. Конструктивні параметри розпушувачів прийняті оптимальними: діаметр ребер $d_{\text{реб}}=1,5$ мм, висота рифлів $h_{\text{риф}}=1,3$ мм, відстані між ребрами та рядами рифлів $l_{\text{реб}}=l_{\text{риф}}=21$ мм, відстані між рифлями $l^*=13$ мм. Ребра встановлювались на підсівному решеті, а рифлі на сортувальному. Роботу сепаратора здійснено на очищенні насінневого та продовольчого зерна. За час роботи сепаратором було очищено близько 3 тисяч тон ЗС.

Результати виробничих випробувань сепаратора А1-БЦСМ-100 з модернізованими решетами наведено на рис.1. Встановлено, що питома

продуктивність процесу сепарування ЗС модернізованими решетами на 20...25% вища, ніж серійними і складає: при очищенні озимої пшениці для насіннєвого матеріалу $q=60...75$ кг/год·дм², для продовольчого зерна $q=125...140$ кг/год·дм²; при очищенні ячменю відповідно $q=40...50$ кг/год·дм² і $q=70...80$ кг/год·дм². При однаковому питомому завантаженні вібровідцентрового сепаратора, повнота розділення суміші модернізованими решетами вища в порівнянні з серійними, а втрати повноцінного зерна у відходах менші.

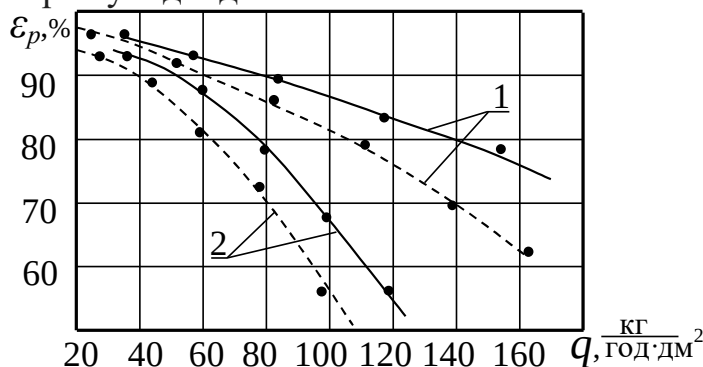


Рис.1. Залежності повноти розділення ε_p від питомої продуктивності q : - - - з серійними решетами; — з модернізованими; 1-озима пшениця; 2-ячмінь

Кількість сміттєвих домішок в зерні озимої пшениці, очищеної серійними решетами, складає 2,46% що відповідає 4 класу якості, а очищеної модернізованими решетами, складає 0,32% що відповідає 1 класу якості згідно ДСТУ 3768. Для ячменю кількість домішок склала відповідно 3,87% і 0,28%, для жита 3,63% і 0,36%. Підвищення продуктивності та якості процесу сепарування модернізованими решетами досягається інтенсифікацією внутрішньопоточних процесів. Під дією розпушувачів збільшується пористість та швидкість поточного руху суміші, що сприяє кращому видаленню домішок.

Висновок

Виробничими випробуваннями в умовах тривалої експлуатації підтверджено високу ефективність модернізованих решіт. Питома продуктивність процесу сепарування ЗС збільшена на 20...25%. За кількістю домішок очищена зернова суміш відповідає 1 класу якості зерна.

Список використаних джерел

1. Пивень М.В. Эффективность сепарирования зерновых смесей виброцентробежными решетами с разрыхлителями // Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вісник СНАУ. – Суми: СНАУ, 2017 – Вип. 10(32)– С.89-95.
2. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. Экспериментальные исследования внутрислойных процессов в зерновых смесях сепарируемых цилиндрическими виброцентробежными решетами // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2016 – Вип. 173 – С. 153 – 160.

УДК 621.928.13

ПОШКОДЖЕННЯ ЗЕРНА ВІБРОВІДЦЕНТРОВИМИ РЕШЕТАМИ З РОЗПУШУВАЧАМИ ШАРУ СУМІШІ

**Півень М. В., к.т.н., доцент, Бредихін В. В., д.т.н., професор,
Котенко В. П., студент**

Державний біотехнологічний університет

В роботі представлені дослідження пошкодження зерна вібровідцентровими решетами сепаратора А1-БЦСМ-100 з розпушувачами шару суміші.

В процесі сепарування зернових сумішей (ЗС), насіння одержують механічні пошкодження від дії робочих органів сепаратора. Наявність пошкоджень суттєво впливає на насіннєві властивості та збереження зерна. Тому, одним із важливих показників ефективності процесу сепарування є ступінь пошкодження зерна.

Застосування розроблених решіт з розпушувачами шару у вигляді ребер або продовгуватих рифлів, розташованих на поперечних перемичках робочої поверхні, дозволяє підвищити продуктивність і якість процесу сепарування за рахунок інтенсифікації внутрішньосарових процесів [1, 2]. Під дією розпушувачів збільшується пористість та швидкість пошарового руху суміші, що сприяє кращому видаленню домішок. Однак, ребра та рифлі надають ЗС додаткові силові імпульси і чинять опір руху нижньому елементарному шару, що може викликати пошкодження зерна.

Мета роботи – визначення пошкодження зерна вібровідцентровими решетами сепаратора А1-БЦСМ-100 з розпушувачами шару суміші у вигляді ребер та рифлів.

Дослідження пошкодження зерна виконано для ЗС озимої пшениці в режимах очищення насіннєвого матеріалу та продовольчого зерна. Кінематичні параметри сепаратора: амплітуда коливань решіт – 6 мм; кругова частота коливань – 94,2 рад/с; кутова швидкість обертання решіт – 11,77 рад/с. Конструктивні параметри розпушувачів: діаметр ребер $d_{\text{реб}}=1,5$ мм, висота рифлів $h_{\text{риф}}=1,3$ мм, відстані між ребрами та рядами рифлів $l_{\text{реб}}=l_{\text{риф}}=21$ мм, відстані між рифлями $l^*=13$ мм. Ребра встановлювались на підсівному решеті, а рифлі на сортувальному.

Спочатку був проведений аналіз вибірки зерна вихідної суміші, причому стан домішок до обліку не приймався. ЗС пропускала через сепаратор з розробленими решетами та поділялася на три фракції: проходи підсівного, сортувального та зернового решіт. Отримані фракції досліджувалися на пошкодження. Пошкодженням вважалося подрібнене, розколоте зерно, а також зерно з тріщинами та зірваною оболонкою. За результатами аналізу всіх трьох фракцій визначалось пошкодження зерна всієї суміші загалом:

$$P_{\text{заг}} = \frac{(W_1 \cdot P_1) + (W_2 \cdot P_2) + (W_3 \cdot P_3)}{W_1 + W_2 + W_3} 100\%$$

де W_{1-3} вага кожної фракції;

P_{1-3} – ступінь пошкодження кожної фракції у процентах.

Пошкодження зерна розробленими решетами визначалось як відповідна різниця пошкоджень зерна до і після пропуску через сепаратор. Результати дослідження зведені у табл. 1.

Таблиця 1- Ступінь механічного пошкодження зерна озимої пшениці при сепаруванні вібровідцентровими решетами з розпушувачами

Питома продуктив- ність, кг/год·дм²	Пошкодження зерна, %					
	вихідної ЗС	проходових фракцій решет			всієї суміші	решетами з розпушу- вачами
		підсівного	сортуваль ного	зернового		
Очищення насіннєвого матеріалу						
60-75	1,76	4,83	1,43	0,4	2,38	0,62
Очищення продовольчого зерна						
125-140	1,76	4,21	1,21	0,18	2,1	0,34

Аналізом отриманих результатів встановлено, що пошкодження зерна у режимах очищення насіннєвого матеріалу більше, ніж продовольчого зерна, тобто зростає із зменшенням питомих завантажень. Це пояснюється зменшенням товщини шару та збільшенням інтенсивності впливів розпушувачів на суміш. Найбільші пошкодження зерна серед проходових фракцій має підсівне решето. Це пояснюється тим, що подрібнене і розколоте насіння є дрібною фракцією і просіюється на підсівному решеті. Крім того, встановлені на ньому ребра чинять більший вплив на суміш, ніж рифлі сортувальних решета. Сепарування ЗС розробленими решетами супроводжується незначним збільшенням кількості пошкодженого зерна 0,34-0,62%.

Список використаних джерел

1. Пивень М.В. Эффективность сепарирования зерновых смесей виброцентробежными решетами с разрыхлителями // Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вісник СНАУ. – Суми: СНАУ, 2017 – Вип. 10(32)– С.89-95.
2. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. Экспериментальные исследования внутрослоевых процессов в зерновых смесях сепарируемых цилиндрическими виброцентробежными решетами // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2016 – Вип. 173 – С. 153 – 160.

УДК 681.51:62-505](075.8)

РОЗРОБКА НОВОГО ПРИВОДУ ДЛЯ МІНІ-РОБОТА, ЩО ЛІТАЄ

Осипенко В. І., д.т.н., проф., Філімонова Н. В., к.т.н., доцент, Білик Н.Ф., студент, Щавій Я. В., студент

Черкаський державний технологічний університет

Мета дослідження полягає у створенні конструкції інноваційного закритого типу актуатора для літаючого мініробота розміру комах. Основою цієї розробки є метод впливу потоку повітря через повітря-випромінювач на крила мініробота.

Мініатюрні літаючі роботи мають широкий потенціал для використання в різних сферах, включаючи сільське господарство, геологорозвідку, фотограмметрію, моніторинг управлінських процесів, пошук людей та тварин, дослідження важкодоступних чи забруднених територій, аналіз озерних ландшафтів тощо. Аналіз існуючих конструкцій таких роботів та фізичних принципів, які лежать в основі їхнього функціонування, дозволяє зробити висновок, що для забезпечення польоту можна застосовувати актуатори певних типів: п'єзоелектричні, електростатичні або на основі діелектричних еластомерних матеріалів. Усі ці види актуаторів мають свої специфічні недоліки, докладний опис яких наведено у дослідженні.

Нами запропоновано нову конструкцію актуатора, що базується на принципі керування крилами літаючого мініробота, розміром з комаху, за допомогою ультразвукового п'єзоелектричного повітря-випромінювача.

Роботи, розміром із джмеля чи бджоли, стикаються з додатковими обмеженнями щодо використання електронних компонентів. Ключовим елементом у таких літаючих мініроботах є актуатори крил. У роботах великих розмірів зазвичай застосовуються класичні електромагнітні двигуни, які обертають пропелери дронів. Однак ці двигуни стають малоефективними та надмірно енерговитратними при масштабуванні до розмірів комах. Таким чином, виникає нагальна потреба у розробці нових типів приводів, які будуть більш ефективними для роботів подібного масштабу.

У більшості сучасних конструкцій мініроботів використовується п'єзоелектричний актуатор одного типу, який має суттєві технічні обмеження. Відповідно, удосконалення існуючих актуаторів та розробка нових їх видів є одним із ключових напрямків розвитку цієї галузі. У даній роботі пропонується концепція використання взаємодії ультразвукового повітря-випромінювача з елементами крил, що застосовуються в літаючих мініроботах.

Наприклад, варто звернути увагу на такі технічні платформи, як невеликі безпілотні літальні апарати та мініатюрні гелікоптери, які представлені на рис. 1 [1,3,4,5].



Рис. 1 Мікро гелікоптер Black Hornet [1]

Black Hornet, представлений на рис. 1, є мікрогелікоптером, розробленим норвезькою компанією Prox Dynamics. Його вага складає всього 0,033 кг, а довжина – 16,8 см. Британські інженери представили новий тип літаючого мініробота, який відрізняється відсутністю механічної передачі. Зусилля, необхідне для руху крил, передається за допомогою перемикаючого електростатичного поля. Цю розробку вчені назвали системою LAZA (Liquid-amplified zipping actuator).

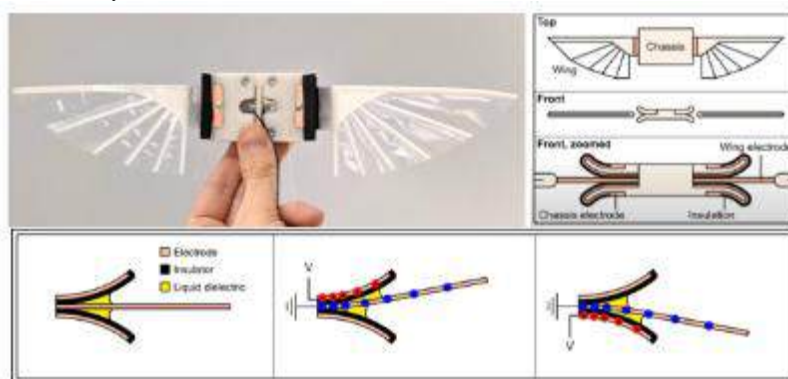


Рис. 2. Літаючий мініробот з крилами LAZA: зверху – загальний вигляд; знизу – принцип роботи

Наша робота спрямована на створення нового типу конструкції актуатора. Одним із перспективних методів управління крилами літаючих мініроботів, схожих на комах, є метод, заснований на ультразвуковому п'єзоелектричному повітряному випромінювачі [2,6]. Серед його переваг можна виділити знижений рівень напруги для керування актуатором та простоту технічної реалізації. Для вивчення деформації п'єзокерамічної пластини, яка створює повітряний тиск у закритому актуаторі, аналізу впливу цього тиску на еластичну мембрану, що з'єднана з крилом, а також визначення резонансної частоти роботи п'єзоелектричного випромінювача було проведено математичне моделювання процесів у програмному середовищі COMSOL Multiphysics. На основі проведеного дослідження запропоновано нову модель актуатора закритого типу, що використовує метод [6] впливу повітря через повітряну випромінювальну систему для руху крил. Функціональна схема цієї моделі представлена на рисунку 3.

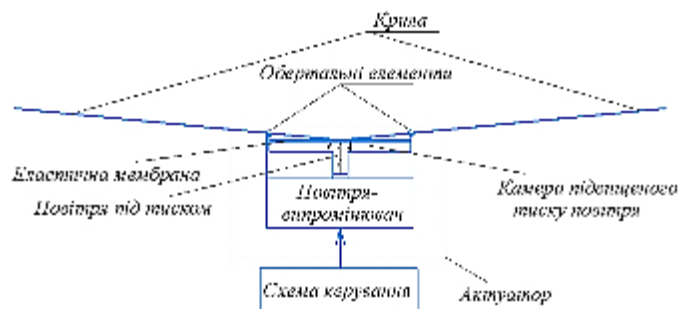


Рис. 3. Функціональна схема моделі літаючого мініробота, оснащеного новим закритим типом актуатора, створеним на базі п'єзоповітрявипромінювача

Головною особливістю вдосконаленої конструкції є наявність додаткової закритої камери, яка забезпечує підвищений тиск. Для передачі повітря використовується ультразвуковий п'єзоелектричний повітря-випромінювач виробництва компанії Murata.

Аналіз створеного актуатора на базі повітряного випромінювача компанії Murata проводився в режимах Frequency response і Time Dependent. Спрощена модель оновленого актуатора наведена на рис. 4.

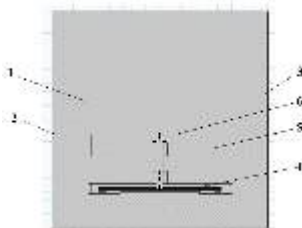


Рис. 4. 2D модель нового закритого типу актуатора на основі повітрявипромінювача: 1 – повітря 2, 3 – зони розсіювання повітря 4 – ультразвуковий повітрявипромінювач 5 – камера підвищеного тиску 6 – еластична мембрана

За допомогою функціональних можливостей програмного середовища COMSOL Multiphysics була визначена резонансна частота даного актуатора, яка становить 23,4 кГц.

Результати загального моделювання та вплив нового закритого типу актуатора на навколишнє середовище (зокрема, повітря) наведені на рис. 5а.

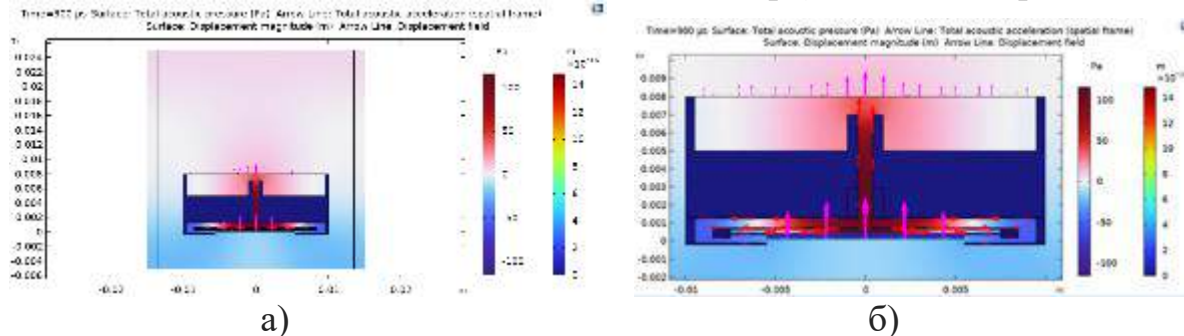


Рис. 5. Результати моделювання впливу нового закритого типу актуатора на навколишнє середовище (а), візуалізація напрямів тиску та деформації еластичної мембрани (б)

З рисунку 5а зрозуміло, що при деформації еластичної мембрани зміна тиску зовнішнього повітря відбувається відповідно до напрямку її деформації.

На рисунку 5б представлено візуалізацію напрямів тиску та деформації еластичної мембрани всередині актуатора закритого типу. Червоні стрілки відображають рух повітря, а пурпурові – напрям деформації еластичної мембрани та п'єзоелектричного елементу. З аналізу рисунка можна зробити висновок, що при деформації п'єзокерамічної пластини генерується значний тиск повітря, який впливає на еластичну мембрану, змушуючи її прогинатися всередину. Таким чином, отримана модель підтверджує правильність запропонованого технічного рішення. Крім того, за допомогою цієї моделі можливо оптимізувати параметри конструкції, зокрема більш точно визначити відстань між еластичною мембраною та соплом повітрявипромінювача для досягнення максимальної ефективності

Одним із ключових переваг удосконаленої конструкції актуатора нового закритого типу є те, що для його керування потрібно лише 25 В. Це на порядок (а інколи навіть на два порядки) нижче в порівнянні з існуючими аналогами. Отже, була розроблена удосконалена конструкція актуатора нового типу для мініроботів, розміром подібних до комах. Також проведені експериментальні дослідження підтвердили працездатність створеної моделі.

Висновок

Запропоновано новий закритий тип актуатора на основі інноваційного методу передачі зусилля через спрямований потік повітря від п'єзоактуатора до крила для підняття мініробота в повітря.

Список використаних джерел

1. Alysson Nascimento de Lucena, Bruno Marques Ferreira da Silva, Luiz Marcos Garcia Gonçalves, "Micro aerial vehicle with basic risk of operation", Scientific Reports, (2022) 12:12772. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17014-4>.
2. R. J. Wood, B. Finio, M. Karpelson, K. Ma, N. O. Perez-Arancibia, P. S. Sreetharan, H. Tanaka, and J. P. Whitney, "Progress on 'pico'air vehicles", The International Journal of Robotics Research, vol. 31, no. 11, pp. 1292–1302, 2012. DOI:10.1177/0278364912455073
3. W. S. Trimmer, "Microrobots and micromechanical systems," Sensors and actuators, vol. 19, no. 3, pp. 267–287, 1989.
4. Cai, G., Dias, J. & Seneviratne, L. A survey of small-scale unmanned aerial vehicles: Recent advances and future development trends. Unmanned Syst. (2014) 02, 175–199. <https://doi.org/10.1142/S2301385014300017>.
5. Limited, V. M. Mosquito micro unmanned aerial vehicle, Air Force Technology (Accessed on 5 May 2021).
6. Bazilo, C., Filimonov, S., Filimonova, N., Filimonova, O., "Method for Controlling the Wings of a Flying Insect-Sized Mini-Robot Using a Piezoelectric Air Emitter ". In: Faure, E., et al. Information Technology for Education, Science, and Technics. ITEST 2024. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 221. Springer, Cham, 2024, pp 295–305. doi: 10.1007/978-3-031-71801-4_22.

Секція 3

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИННО-
ТРАКТОРНОГО ПАРКУ**

УДК 631.331

ПРОЦЕС ВЗАЄМОДІЇ НАСІННЯ ТА ВИСІВНОГО ДИСКУ У ПНЕВМАТИЧНОМУ ВИСІВНОМУ АПАРАТІ

Мельник В.І., д.т.н., професор, Зеленський А.П. д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський О.П. д-р філософії (механічна інженерія)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Висів сільськогосподарських культур є базовою технологічною операцією, що полягає у рівномірному розподілі висівного матеріалу на оброблювальній ділянці відповідно до агротехнічних вимог, для забезпечення потрібної площі харчування рослини, зменшення кількості перепусток та двійників насіння і як наслідок отримання високої польової схожості та врожайності [1]. Для досягнення високих показників висіву потрібна стійка робота пневматичної системи сівалки, а саме стабільна робота відцентрового радіального вентилятора, пневматичних трубопроводів та висівного апарату. Розглядаючи роботу висівного апарату, а саме роботу висівного диска, можна виділити, що на його конструктивні параметри впливають фізико-механічні властивості висівного матеріалу.

Метою дослідження є аналіз процесу взаємодії висівного матеріалу з робочими органами висівного апарату. Об'єктом дослідження є процес присмоктування насіння до отворів висівного диска. Використано методи порівняння та аналізу поведінки насінневого матеріалу на поверхні висівного диска використовуючи теоретичні дослідження, що ґрунтуються на положеннях математичного аналізу та механіки процесу.

Запропоновано схема дій сил на насініну під час присмоктування до отвору висівного диска в ході висіву. Аналізуючи поведінку насініни під час присмоктування до отворів висівного диска, в пневматичному висівному апараті, можна виділити такі сили: сила вакууму, відцентрові сили, сили тертя та сила тяжіння. Сила присмоктування утримує насіння в отворі висівного диска, тоді як відцентрова сила, яка виникає під час обертання діє в протилежному напрямку та намагається відірвати насініну. Сила тяжіння є постійною та незначною у порівнянні з силою вакууму. Аналізуючи силу тертя, яка виникає між насініною та отвором висівного диска, можна констатувати, що вона допомагає утримувати насіння на ряду отворів висівного диска з силою вакууму. Розглянуто поведінку зерен в висівному апараті [2]. Насіння перебуваючи у висівній камері, може займати таке положення: а) знаходиться в зоні – 3, де насіння не піддається впливу сил; б) знаходиться в зоні – 2, де насіння піддається впливу сил – силі тяжіння F_g , силі реакції диска N , відцентрової сили F_c , сила тертя насіння об поверхню диска F_{fric} і сила аеродинамічного поля присмоктуючого отвору F_d ; в) знаходиться в зоні – 1, насіння схильне до впливу цих сил; г) знаходиться у зоні – 0, тобто насіння знаходиться в зоні отвору, що присмоктує, та піддається впливу сили $F_{balance}$.

Коли насіння перебуває в зоні - 1 та 2, то воно піддається прокручуванню під впливом ряду сил, що діють на нього. Позначимо точку контакту насіння з дозуючим елементом (висівним диском) через А, та розглянемо процес обертання насіння відносно точки контакту з отворами висівного диску під впливом діючих на насіння сил, вивчимо процес переміщення насіння. Розмірковуючи, логічно стверджувати, що максимальна дія сили $F_{balance}$ на насіння, при їх русі по диску, проходячи сектора, буде в нижній частині висівного апарату, а процес обертання насіння здійснюється в секторах А і В. При знаходженні насіння в зоні 1 або 2, там, де насіння буде під впливом сил буде прижиматися до висівного диску та знаходитися в трьох положеннях – отворі висівного диску, вище чи нижче отворів до яких присмоктовуються, (рис. 1). Розглянемо випадок, коли насіння знаходиться в отворі висівного диску. Таким чином, при вивченні поведінки насіння у висівній камері, розглядають площу насіння, приймаючи, що зерно має сферичну форму та діаметр його виражаємо через d_{eqv} . Площа проекції сферичного зерна є коло, що визначається за формулою:

$$A_{proj} = \frac{\pi d_{eqv}^2}{4}. \quad (1)$$

Сила всмоктування (вакууму), спрямована перпендикулярно диску (вздовж осі Z) всередину отвору диска, що присмоктує, та утримує насіння на поверхні диска:

$$F_{vac} = \Delta p \cdot A_h, \quad (2)$$

де Δp – розрядження створюване пневматичною системою в камері висівного апарату Па; A_h - площа всмоктуючого отвору, м².

Відцентрова сила (радіальна, у площині диска, спрямована назовні), яка прагне відірвати насіння від диска:

$$F_c = m_{seed} \omega_{disk}^2 R_h, \quad (3)$$

де R_h - радіус на якому розміщені всмоктувальні отвори, м; ω_{disk} – кутова швидкість обертання диска висівного апарату, рад/с; m_{seed} – маса насіння (зерен), кг.

Сила тяжіння (спрямована вниз), яка прагне відірвати насіння від диска:

$$F_g = m_{seed} g, \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с².

Аеродинамічна сила, що виникає через обертання диска, для сфери є дуже малою за величиною, тому надалі будемо нехтувати нею:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_{air} C_d A_{proj} v_t^2, \quad (5)$$

де $v_t = \omega_{disk} R_h$.

Нормальна сила контакту від диска (приблизно):

$$N_{disk} \approx F_{vac}.$$

Сила тертя від диска:

$$F_{fric\ disk} = \mu_{disk} N_{disk}. \quad (6)$$

$$F_{fric\_disk} \leq \mu_{disk} N_{disk} \approx \mu_{disk} F_{vac}.$$

Сила тертя лежить у площині диска (комбінація осей X і Y) і протилежно

напрямку відносного зсуву (вона перешкоджає тому, що насіння йде по поверхні диску). Сила тертя дає проекції по осі Y (радіальної) і X (тангенціальної), залежно від цього, у напрямі виникає тенденція руху.

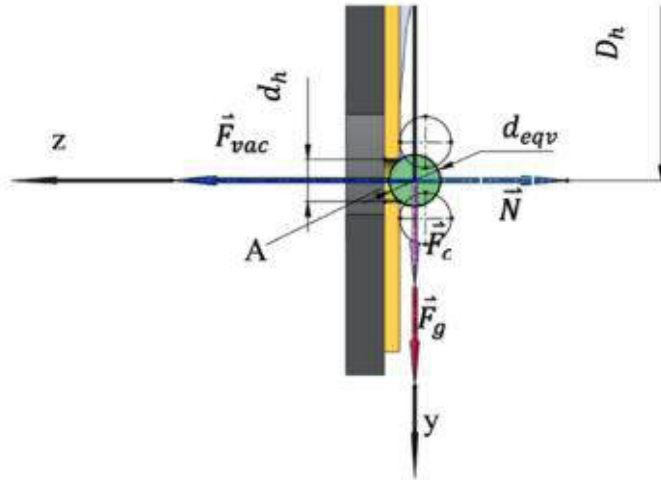


Рис. 1.01 Схема присмоктування насіння до отвору висівного диску

Сумарна (спрощена) «балансова» сила утримання(за оцінкою):

$$F_{balance} \approx F_{vac} - [F_c + F_g + F_{fric\ disk}], \quad (7)$$

(тут позитивне $F_{balance}$ — на користь утримання насіння). Таким чином, для стійкого утримання насіння повинна виконуватися така умова:

$$F_{balance} \approx F_{vac} \geq F_c + F_g - F_{fric\ disk}$$

Звідси отримуємо у більш загальному вигляді:

$$F_{vac} - (F_c + F_g - F_{fric\ disk}) \geq 0 \quad (8)$$

Це є основною умовою утримання насіння в отворі, що присмоктує на висівному диску, це гарантує, що насіння не зісковзне та не відірветься. Ще можна записати:

$$F_{balance} = F_{break}, \quad (9)$$

де типові сили $F_{balance}$ — сила вакууму або тиску повітря та сила тертя насіння по поверхні диска; F_{break} — сила тяжіння, відцентрова сила, аеродинамічна сила потоку повітря(якщо вона враховується) тощо.

Розмірковуючи логічно можна зробити висновок, що відрив насіння від поверхні диска відбувається, коли сумарні зусилля, що прагнуть витягнути насіння з отвору такі, як відцентрова сила F_c + сила тяжіння F_g (яка враховує вагу насіння) + аеродинамічні сили F_d (якщо її враховуємо) перевищують утримуючі силу всмоктування F_{vac} + сила тертя $F_{fric\ disk}$, та запишемо:

$$F_c + F_g > F_{vac} + F_{fric\ disk}$$

Виходячи з того, що $F_c = m_{seed} \omega_{disk}^2 R_h$, то визначаємо ω_{crit} значення кутової швидкості диска, що сприяє відриву насіння від диска:

$$m_{seed} \omega_{crit}^2 R_h = F_{vac} + F_{fric\ disk} - F_g$$

звідси:

$$\omega_{crit} = \sqrt{\frac{F_{vac} + F_{fric\ disk} - F_g}{m_{seed} R_h}}. \quad (10)$$

Отримуємо, якщо $\omega_{disk} < \omega_{crit}$ тоді насіння утримується, а якщо $\omega_{disk} > \omega_{crit}$ відбувається відрив насіння. Отже на насіння, що утримується на диску в області отвору, та присмоктується, діє момент. Насіння контактує з висівним диском, який позначаємо через точку А. Тоді момент сили відносно точки А є мірою того, наскільки сила прагне повернути тіло навколо цієї точки.

Цей момент визначається як векторний добуток:

$$\vec{M}_A = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (11)$$

де $\vec{r}$ — радіус-вектор від точки А до точки застосування сили, в нашому випадку розглядаємо насіння сферичної форми; $\vec{F}$ — вектор сили.

У скалярній формі (для плоского завдання):

$$M_A = F \cdot r \cdot \sin(\theta)$$

де θ — кут між r та F .

Поки насіння в контакті з поверхнею диска і є сила F_{vac} виникає момент, що утримує насіння в отворі, що присмоктує (протиставляє спробі насіння відірватися), створюється силою тертя, яка береться від нормальної сили всмоктування:

$$M_{retent} = F_{fric\ disk} \cdot r = \mu_{disk} F_{vac} \cdot r$$

Цей момент діє завжди, поки є нормальна сила і тертя (поки насіння контактує з диском).

При будь-якій швидкості обертання диска - ω_{disk} (і завжди за наявності насіння тобто F_g) виникає момент, що прагне, «провернути», «сослизнуть» або «відірватися» насіння з отвору. Момент складається з моментів відцентрової та гравітаційної сил (обидві сили створюють для насіння «неутримуючий» момент):

$$M_{break} = (F_c + F_g) \cdot r$$

Моменти щодо точки А (кромки отвору), плече $\approx r_{seed}$:

$$\sum M_A = M_{fric\ disk} - (M_c + M_g) = M_{overt} = 0$$

або

$$\sum M_A = M_{overt} = (F_{fric\_disk})r - (F_c + F_g)r.$$

та чистий момент:

$$M_f = M_{res} - M_c. \quad (12)$$

$$M_{overt} = M_{retent} - M_{break}$$

Якщо $M_{overt} \geq 0$ — опір (момент утримання) більше моментів, які намагаються повернути насіння — насіння не відірветься або не повернеться навколо точки А. На основі цих припущень було створено програмне забезпечення на C++ SOWING_V 1.0 для аналізу дій сил для деяких просапних культур та на елементарну одиницю сферичної форми для різних висівних дисків.

Висновки

Отже, за результатами теоретичного та практичного дослідження обґрунтовано схема дій сил на насінину під час присмоктування до отвору висівного диску в ході висіву. Отримано умову утримання насіння в отворі та проаналізовано утримуючі і відриваючі сили та моменти, що діють на насіння.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л.В. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. - К.: Агроосвіта, 2015. 678 с.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Х. : Око, 2001. Т.1. – Ч.2 : Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.

УДК 631.331

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Мельник В.І., д.т.н., професор, Зеленський О.П. д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський А.П. д-р філософії (механічна інженерія)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглядаючи роботу пневматичної сівалки точного висіву особлива увага приділяється якості висіву, що характеризується рядом показників. Такими показниками є: рівномірність розподілу насіння у рядку; відхилення насіння у рядку від середньої лінії; кількість перепусток та кількість двійників насіння. Досягти виконання цих показників можливо завдяки якісній роботі висівного апарата, що досягається стабільною підтримкою статичного тиску в пневматичній системі сівалки. Стабільність у роботі пневматичної системи можливо отримати змінами в конструкції відцентрового радіального вентилятора (ВРВ), висівного апарату (ВА) та додатковими змінами у трубопроводах сівалки. На процес висіву насіння також впливають фізико – механічні властивості насіння.

Метою дослідження є аналіз впливу фізико-механічних властивостей насіння на конструктивні особливості висівного агрегату. Об'єктом дослідження є фізичні властивості просапних культур. Використано методи порівняння та аналізу фізико-механічних властивостей насінневого матеріалу використовуючи теоретичні та практичні дослідження.

Аналіз якості посіву насіння проводився на таких культурах, як соняшник та кукурудза, що займають значне місце у сільському господарстві нашої держави. Розглядаючи насіння соняшнику, встановлено такі розміри насіння (довжина – 7,5...15,0 мм; ширина – 3,5...8,6 мм; товщина – 1,7...6,0 мм), що ставить низку питань до роботи ВА, його оптимальної роботи та режимів, які тісно зв'язані з роботою системи пневматичних трубопроводів та ВРВ [1]. Ефективна робота сівалки в цілому та безпосередньо залежить від особливостей і властивостей матеріалу, що висіється. Аналізуючи роботу ВА, виділяємо, що

на конструктивні параметри висівного диска, який використовується при висіві сільськогосподарських культур, суттєвий вплив надають особливості насіння просапних культур: форма насіння, розміри, геометричні параметри поверхні насіння. Знаючи фізико - механічні властивості насіння можливо більш якісно передбачити технологічно-конструктивні параметри висівного апарату, форма і кут скошу насінневого бункера, принцип дії, розмір і кількість осередків висівного диска, швидкість повітряного потоку, довжина, кут нахилу та діаметр насіння, конструкцію та параметри, що видаються [2,3]. ВРВ, діаметр та довжину трубопроводів пневматичної системи та інше. За даними матеріалів науково-технічної літератури в таблиці 1 наведено основні фізико - механічні властивості просапних культур. Також, суттєвий вплив на переміщення висівного матеріалу, спричиняють аеродинамічні властивості насінневого матеріалу, а саме швидкість витання насіння. Насіння переміщується до отворів висівного диска з меншою швидкістю ніж швидкість витання $v_{\text{вит}}$, при цьому мають більшу масу в порівнянні з повітрям ($700 - 800 \text{ кг/м}^3 > 1,25 \text{ кг/м}^3$). Показники швидкості витання, коли насінина перебуває у зваженому стані, наведено у таблиці 2.

Таблиця 1 – Фізико - механічні властивості насіння просапних культур.

№ п/п	Культура	Маса 1000 насіння, г	Густина, кг/м^3	Натура, кг/м^3	Швидкість витання, м/с
1	Соняшник	92,1	0,660	0,365	7,8
2	Кукурудза	264,1	1,160	0,740	11,4
3	Дражований буряк	34,6	1,330	0,798	10,0
4	Рицина	301,4	0,850	0,527	11,6
5	Сорго	20,8	1,160	0,725	9,8
6	Соя	152,0	1,160	0,754	17,3
7	Гарбуз	337,0	0,518	0,343	25,9

Таблиця 2 – Аеродинамічні характеристики насіння просапних культур

№ п/п	Назва насіння	Швидкість витання, м/с	№ п/п	Назва насіння	Швидкість витання, м/с
1	Горох	15,5 - 17,5	7	Просо	6,7 - 8,8
2	Люпин	8,2 - 16,1	8	Кукурудза	9,7 - 14,1
3	Льон	3,5 - 8,5	9	Соняшник	4,0 - 14,0
4	Сочевиця	8,3 - 9,8	10	Соя	17,3 - 20,2

Також можна виділити, активний вплив, на роботу пневматичної системи сівалки, взаємодія у шарах посівного матеріалу, що відбуваються в насінневій камері. Розглядаючи роботу ВА, та процеси в активному шарі посівного матеріалу, можна стверджувати, що взаємодії, які відбуваються не можуть бути точно описані. Розглянемо модель сипучого тіла (рис.1).

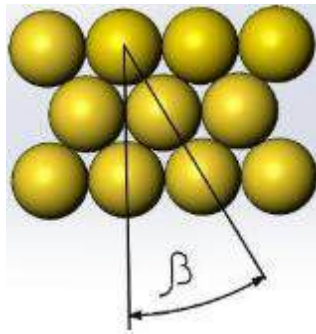


Рис. 1 – Модель сипучого тіла

Для аналізу сипучого тіла потрібно прийняти до уваги:

- а) висівний матеріал є сукупністю однакових, абсолютно твердих, куль кінцевого діаметру, покладених шарами з деяким кутом укладання β ;
- б) у процесі руху кулі приймаємо, що обертаються;
- в) при повороті насіння, на кромці дозуючого елемента, площа перерізу насіння, в площині перпендикулярної лінії дії сил, не змінюється;
- г) кутова швидкість висіву диску та надлишковий тиск у насіннєвій камері постійні;
- д) поворот насіння, що транспортується прикріпившись в області отвору висівного диску, при взаємодії з іншими насінням із загальної маси посівного матеріалу відбувається з ковзанням;
- е) насіння, при транспортованні отворами висівного диску, перебувають у нерухомому стані, тобто їхня швидкість відносно отвору дорівнює нулю.

Модель, що враховує перехід розташування насіння з безладного до еквівалентного в механічному сенсі розташування сипучого тіла з укладанням частинок шарами, при цьому кут укладання частинок постійний та має середнє значення, укладене в межах $0^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$, при приблизних розрахунках цей кут приймають рівним $\beta = 30^\circ$.

На основі цих стверджень, було прийнято форму моделі висівного матеріалу у виді сфери, що було використано при створенні програмного коду на C++ SOWING_V 1.0 для аналізу дій сил та моментів на просапні культури. Завдяки ретельному аналізу та створеній програмі з'явилася можливість досліджувати поведінку висівного матеріалу при транспортуванні його висівним диском. Це дає можливість, враховуючи дію значущих сил на насіння, підійти більш якісного до вибору конструктивних характеристик ВА та його елементів, як на етапі проектування так і під час удосконалення конструкцій існуючих агрегатів. На даному етапі проводиться удосконалення алгоритму аналізу дій сил та моментів на просапні культури та розширення функціонала програмного забезпечення.

Висновок

Отже, за результатами теоретичного та практичного дослідження було проаналізовано ряд фізико - механічних властивостей насіння просапних культур. Запропоновано припущення для аналізу сипучого тіла висівного

матеріалу. Закладено основу даних для створення програмного забезпечення для аналізу дій сил та моментів під час роботи ВА.

Список використаних джерел

1. Gupta R.K., Arora G., and Sharma R., 2007. Aerodynamic properties of sunflower seed (*Helianthus annuus* L.). J. Food Eng., 79. 899-904 p.
2. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [Чинний від 01.01.2004] Вид.офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2004. 157 с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Х. : Око, 2001. Т.1. – Ч.2 : Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.

УДК 631.3

ВПЛИВ УМОВ ТРАНСПОРТУВАННЯ НА СКЛАД ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

**Євтушенко О.В., здобувач ВО,
Мельник В.І., професор, Циганенко М.О., доцент**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто за яких умов зростає ефективність транспортних засобів в порівнянні автомобільні і тракторні транспортні засоби.

Транспортне забезпечення в аграрному секторі охоплює перевезення сільськогосподарської продукції та ресурсів різними видами транспорту, а також супутні послуги (зберігання, пакування, страхування). Воно включає в себе всі етапи логістичного ланцюга: від збору врожаю з поля до доставки готової продукції споживачеві. Транспортні роботи в аграрних підприємствах виконуються такими видами транспорту: автомобільним, тракторним, гужовим і в незначних обсягах — трубопровідним (водопроводи, молокопроводи). Співвідношення між окремими видами транспорту і розподіл обсягу перевезень за видами транспортних засобів установлюються у кожному підприємстві з урахуванням таких факторів, як клас вантажу, дорожні умови, відстань перевезень, терміновість, погодні умови, спосіб виконання вантажно-розвантажувальних робіт, технологія виробництва сільськогосподарської продукції. За інших однакових умов критерієм вибору транспортного засобу є мінімізація витрат на тонну перевезеного вантажу.

Відповідно до вимог вказаного критерію розроблені рекомендації щодо вибору найбільш ефективних транспортних засобів для виконання певних транспортних робіт. Установлено, наприклад, що для перевезення великих партій вантажів на далеку відстань доцільно використовувати бортові автомобілі підвищеної вантажності. Більш ефективним є застосування автомобілів з причепами, які дають змогу підвищити їх продуктивність на 45—55% і знизити собівартість перевезень на 25%. На короткі відстані вигідніше використовувати

автомобілі-самоскиди.

Для внутрішньогосподарських перевезень, особливо вантажів III і IV класів, найкраще використовувати тракторні поїзди. Цей вид транспорту себе також виправдовує на дорогах низької якості і коротких відстанях, але за інших однакових умов собівартість тонни перевезень тракторним транспортом в 1,5—2 рази вища, ніж автомобільним. Тому цей вид транспорту потрібно використовувати обмежено.

Важливо також, що автомобілі економічно не вигідно використовувати для перевезень вантажів на відстань менше 3 км. Чим вища вантажність автомобілів, тим раціональніше їх використання на далеких відстанях. Як свідчить практика, в сучасних умовах найефективнішим є застосування автомобілів вантажопідйомністю 4—6 т.

Вибір транспортного засобу повинен здійснюватися і з орієнтацією на досягнення якісних показників транспортного обслуговування, головними з яких є перевезення вантажів вчасно, без втрат і повнота виконання замовлень на транспортні перевезення.

Список використаних джерел

1. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1 методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

2. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Романащенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

3. Артёмов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артёмов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 631.3

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО ПАРКУ

Онiкiєнко М. О., здобувач ВО,

Мельник В.І., професор, Циганенко М.О., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі розглянуто ряд коефіцієнтів з використання транспортного підрозділу які дають уявлення про ефективність його роботи так і сервісної служби та якості планування і організації робочого часу.

Аналіз виконання плану перевезень передбачає визначення впливу зміни техніко-експлуатаційних показників використання транспортних засобів на

ступінь виконання плану перевезень, а через їх значення і вплив тих факторів, які обумовлюють їх величину. До таких показників належать: коефіцієнти технічної готовності і використання транспортних засобів; коефіцієнти використання пробігу і вантажопідйомності; середня довжина їздки з вантажем і середня відстань перевезень 1 т вантажу; час навантаження і розвантаження за одну їздку. Кожний з цих коефіцієнтів має свій вплив на ефективність роботи транспортного підрозділу.

Коефіцієнт технічної готовності транспортних засобів до роботи характеризує їх технічний стан. Середнє значення цього показника по парку визначається як відношення кількості машиноднів перебування машин в працездатному стані до кількості машиноднів перебування в господарстві. Коефіцієнт технічної готовності парку транспортних засобів характеризує роботу технічної служби транспортного підрозділу і залежить від рівня організації технічного обслуговування і ремонту, якості обслуговування, інтенсивності і умов експлуатації машин. Необхідно проаналізувати умови експлуатації транспортних засобів, виявити причини, що сприяють зниженню коефіцієнта технічної готовності і скласти план заходів для його збільшення. [1].

Коефіцієнт використання K_v транспортних засобів парку характеризує рівень їх використання на лінії. Середнє значення цього показника по парку визначається як відношення кількості машиноднів перебування машин у роботі (в наряді) до загальної кількості машиноднів перебування в господарстві. Коефіцієнт використання транспортних засобів залежить від їх технічної готовності, умов експлуатації і факторів організаційного характеру. Удосконалення транспортного процесу і форм організації праці в транспортному підрозділі господарства приведуть до зменшення простоїв транспортних засобів у працездатному стані.

Коефіцієнт використання пробігу K_p характеризує рівень організації роботи транспортних засобів. Середнє значення цього показника по парку визначається як відношення пробігу транспортних засобів з вантажем до загального їх пробігу. Сільськогосподарський транспорт є в основному технологічним транспортом, де більшість перевезень здійснюється на маятниковому маршруті. Якщо проаналізувати роботу транспорту при обслуговуванні сільськогосподарських машин, то можна знайти в маршрутних листках записи про наявність холостих їздок в обох напрямках. У сільському господарстві він знаходиться у межах 0,45...0,50 і залежить від напрямків і величини вантажопотоків, спеціалізації господарства і рівня організації технологічного процесу.

Коефіцієнт використання вантажопідйомності α_v транспортного засобу характеризує ступінь використання його номінальної вантажопідйомності за технічним паспортом. Рівень використання вантажопідйомності оцінюється за допомогою статичного і динамічного коефіцієнтів використання вантажопідйомності. Середнє значення статичного коефіцієнту використання вантажопідйомності парку визначається як відношення фактично перевезеного вантажу до тієї кількості тон, яку можна перевезти при повному використанні

номінальної вантажопідйомності кожної машини парку.

Рівень використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу залежить від виду вантажу, що перевозиться, насипної щільності, правильності пакування і укладання, розмірів кузова і дорожніх умов. Суттєвим способом підвищення вантажопідйомності транспортного засобу є збільшення об'єму кузова шляхом нарощування бортів, щоб значення коефіцієнта знаходилося в межах 0,85...1.0.

Висновок

За допомогою аналізу показників використання транспортних засобів є можливість скласти уявлення про злагоджену роботу не тільки транспортного підрозділу, а і служб що забезпечують роботоздатність підрозділу.

Список використаних джерел

1. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1 методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

2. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Романащенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

3. Артьомов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артьомов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 631.3

ЕТАПИ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ РІЧНОГО ПЛАНУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ В ГАЛУЗЯХ ГОСПОДАРСТВА

Михайличенко Б. О., здобувач ВО, Циганенко М.О., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі розглянуто порядок дій при розробці річного плану перевезення вантажі в галузях господарства на протязі року, який дає можливість уявити стан завантаження транспортного підрозділу.

При складанні плану перевезень найбільш трудомісткою роботою є визначення номенклатури (переліку) перевезених вантажів. Складність роботи полягає в вивченні великого обсягу планових документів господарства.

Так, з виробничої програми по рослинництву можна одержати відомості про види і кількість перевезеної продукції у господарстві та за його межами. З технологічних карт на вирощування сільськогосподарських культур

визначаються види, обсяги і термін перевезення вантажів на поля та з полів.

Для зручності розробки річного плану необхідно скласти схеми транспортного забезпечення в галузях господарства – рослинництво, тваринництво, будівництво та капітальний ремонт, матеріальне забезпечення дворів і складів господарства дозволяють визначити реальні об'єми перевезень вантажів, відстані та вантажообіг. На транспортних схемах зображаються всі вантажоутворюючі і вантажопоглинаючі пункти і зв'язки між ними. На транспортних зв'язках помічаємо терміни і обсяг перевезення вантажів [1].

Технологічною особливістю сільськогосподарського виробництва є повторність перевезень багатьох вантажів. Тому при визначенні обсягу транспортних робіт повинні враховуватись і повторні перевезення.

Розробка річного плану перевезень вантажів дозволить виконати аналіз потреб господарства в перевезеннях (обсяги вантажів, маршрути, строки), а також визначити сезонності перевезень для різних типів вантажів (зерно, добрива, силос, продукція тощо).

Встановлюються способи виконання перевезень (без тари, в тарі), види вантажу (навалом, насипом, наливом, штучні, жива вага) та види перевезень (технологічні, фермські, садибні, позагосподарські). Технологічні перевезення – це обслуговування сільськогосподарських агрегатів, коли транспортний засіб бере участь в технологічному ланцюзі (збір і транспортування кукурудзи на силос, цукрових буряків, транспортування і розподіл добрив по полю та ін.). Фермські перевезення – це робота з обслуговування тварин, виконується на коротких плечах до 1,0 км. (транспортування кормів, вивіз гною в гноєсховище, підвезення води, та ін.). Садибні і позагосподарські перевезення – це перевезення, не пов'язані з технологією виконання робіт, перевезення між об'єктами; вони можуть бути масовими. Наприклад, перевезення коріння цукрових буряків з буртів на цукровий завод, зерна із току на елеватор – є масові позагосподарські перевезення, перевезення зерна (відходів зерна), жому, комбікорму з центрального складу господарства на склад ферми, обслуговування населення є внутрішньогосподарськими перевезеннями [2, 3].

Обсяги перевезень, навантаження, розвантаження в тонах, а також вантажообіг в тонно-кілометрах визначаються по кожній роботі на підставі обсягів виробництва (площа посіву, поголів'я худоби та ін.), а також технологічних умов і вимог (врожайність, норма внесення, надій, вага при здачі та ін.).

Висновок

Реалізація запропонованих заходів дозволить не лише знизити витрати та підвищити ефективність транспортування, а й зробити внесок у загальну рентабельність господарства, забезпечуючи його стабільність і конкурентоспроможність.

Список використаних джерел

1. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1

методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

2. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Романащенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

3. Артьомов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артьомов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 631.3

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС МАСОВОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВРОЖАЮ

Гарбуз Ю. М., здобувач ВО, Циганенко М.О., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто транспортне забезпечення сільського виробництва під час масового збирання врожаю.

Усі сфери діяльності агропромислового комплексу є об'єктами транспортного обслуговування. За своєю внутрішньою побудовою та кінцевим призначенням вони являють собою різновиди виробничо-економічних систем. Особливо гостро ця потреба проявляється в період масового збирання та вивезення сільськогосподарської продукції, коли є стислі терміни виконання технологічного процесу тому і виникає проблема дефіциту транспортних засобів.

Для її вирішення необхідно забезпечити максимально ефективне використання наявного автотранспорту, зокрема його вантажопідйомності. Чим більшою є вантажопідйомність транспортного засобу, тим вищим є коефіцієнт її використання, а отже — тим ефективніше виконуються перевезення.

Досягнення необхідних обсягів транспортування, підвищення продуктивності транспортних засобів і зниження витрат можливі лише за умови впровадження прогресивних методів організації перевезень та оптимізації логістичних процесів [1].

При збиранні врожаю незалежно від виду сільськогосподарської продукції використовують три основних способи організації робіт:- поточний, при якому продукт із збирального агрегату потрапляє безпосередньо в кузов транспортного засобу;- роздільний, при якому зібраний продукт тимчасово до навантаження на транспортний засіб зберігається на полі;- комбінований, що поєднує перший та другий способи.

Для перевезення сільськогосподарських вантажів використовують як універсальний, так і спеціалізований рухомий склад (самоскиди,

цистерни).Перспективними вважають наступні форми та методи організації перевезень сільськогосподарських вантажів:- впровадження спеціальних контейнерів [2]; - спеціалізація рухомого складу; - використання зйомних кузовів різного призначення (у зв'язку із сезонністю перевезень); - створення постійних баз для сезонної роботи транспорту.

Отже, транспортне забезпечення в аграрній сфері – це сукупність організаційно-економічних відносин і зв'язків, які виникають при задоволенні потреб сільськогосподарського виробництва у ритмічних, узгоджених і якісних перевезеннях вантажів та існують як всередині господарств, так і між відповідними підприємствами й організаціями.

Список використаних джерел

1. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1 методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

2. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Ромашенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

3. Артьомов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артьомов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 631.3

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Горюнов Б.О. асистент кафедри, Чумак М.В. асистент кафедри

*Інженерно-технологічний факультет
Полтавського державного аграрного університету*

Метою дослідження було вивчити підходи до оптимізації роботи машинно-тракторних агрегатів шляхом використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування тягових властивостей, мінімізації енерговитрат і підвищення ефективності технологічних операцій.

Сучасне сільське господарство України, стикнулось із проблемою обмеженості ресурсів. Зменшення доступних площ родючих земель, кліматичні зміни, все це призведе до зменшення прибутку в галузях сільського господарства. Допомогти цього уникнути або хоча б пом'якшити становище може впровадження машинного навчання у процес оптимізації роботи машино-тракторних агрегатів.

Машинно-тракторні агрегати (МТА) на сьогоднішній день є центральною ланкою виробничих процесів у сільському господарстві, бо з їхньою допомогою виконується більшість технологічних завдань - від збирання врожаю до попереднього обробітку ґрунту. Продуктивність господарства і витрати пального залежать від їхньої праці. Вона впливає ще на зношування техніки, якість завдань агротехніки та зменшення негативного впливу на ґрунти. Традиційні способи для планування роботи МТА не завжди повною мірою враховують реальні зміни в агровиробничих умовах та спираються на статистичні підходи. Таким чином, застосування алгоритмів машинного навчання є досить актуальним для оптимізації режимів роботи машини, для підвищення ефективності технологічних процесів та для зменшення енерговитрат. [1].

В першу чергу слід зосередитися на передбаченні тягових властивостей агрегатів залежно від швидкісного режиму, типу ґрунту, його вологості й глибини обробітку за допомогою machine learning. На техніці встановлено сенсори, а саме GPS, IMU, датчики навантаження, витрати пального тощо, що дає можливість зібрати чималий об'єм даних. Виходячи з цих даних, моделі machine learning (Random Forest, Gradient Boosting, Neural Networks) матимуть змогу підібрати найкращі варіанти комплектування трактора разом з робочою машиною. Це дозволяє зменшити пробуксовування коліс і скоротити витрату дизельного пального десь на 10-25 %.

Наступним перспективним напрямком є створення моделей задля автоматичної оптимізації маршруту техніки в полі. Алгоритми машинного бачення, а також reinforcement learning здатні пропонувати найбільш оптимальні траєкторії. Вони базуються на основі карт рельєфу, меж поля, перешкод, типу агрегату та кількості технологічних проходів. Це допомагає в збереженні ґрунтів, скорочує тривалість виконання завдань, знижує зношення техніки та зменшує холості переїзди. [2].

Окрему увагу слід приділяти системам діагностики та прогнозування технічного стану. Сенсорні відомості про вібрації, температуру, тиск у гідросистемі та пульсації двигуна дозволяють будувати моделі predictive maintenance, що зможуть попереджати поломки вузлів МТА. Впровадження таких рішень може зменшити ризики незапланованих простоїв і підвищує ресурс техніки на 15-30 %.

Також алгоритми штучного інтелекту можуть подальшому стати основою повністю автономних машинно-тракторних агрегатів. Уже зараз виробники впроваджують системи автоматичного водіння та напівавтономні платформи, які за допомогою машинного навчання враховують стан ґрунту, рівень нерівностей та оптимізують роботу навісних знарядь у режимі реального часу.

Висновок

Підсумовуючи вищесказане, хотілося б виділити те, що поєднання машинного навчання із сучасною технікою дозволяє суттєво підвищити ефективність польових робіт, зменшити витрати ресурсів та забезпечити стабільно високу якість виконання агротехнічних завдань. Це робить дану

технологію одним із ключових напрямів цифрової трансформації аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. Апунович І. П. Штучний інтелект як рушій змін у сучасному сільському господарстві // *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 5–12.
2. Петрук Ю., Артюх О. Інноваційні підходи до землеробства: автоматизація і роботизація машинно-тракторних агрегатів для оптимізації витрат та збереження ґрунтів // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2023. № 2. С. 112–118.

УДК 631.53.02

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРЯМОЇ СІВБИ

Старіков А.А. здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі проаналізовано застосування різних технологій обробітку ґрунту та особливості роботи сівалки прямої сівби Great Plains. На основі практичного досвіду виявлено технічні проблеми під час сівби за різних умов і технологіях. Запропонована «модернізація» дозволяє підвищити якість висіву та ефективність використання агрегату в різних технологіях

Ефективність вирощування зернових культур у будь-якому господарстві при збереженні родючості ґрунтів та дотриманням вимог агротехніки сівби шляхом зниження витрат енергії завжди є актуальною проблемою.

При вирощуванні зернових культур застосовують як технології засновані на полицевій оранці, так і мінімальні та нульову технологію. Основними перевагами технології з оранкою є: поліпшення структури ґрунту, що покращує його повітря-водну аерацію; ефективне загортання пожнивних залишків, насіння бур'янів, добрив; знищення бур'янів, деяких хвороб та шкідників. Але відкритий ґрунт до проростання культури підвищує ризик ерозії ґрунту, може призвести до втрати вологи, що актуально в посушливих регіонах або при недостатній кількості опадів. Крім того при такій оранці практично на всіх ґрунтах утворюється достатньо щільна плужна підшва і що важливо, у порівнянні з вище наведеними технологіями – це найбільші витрати ресурсів (наприклад, витрати пального залежно від умов складають приблизно 20...35 л/га).

Мінімальна ж технологія в першу чергу направлена на зменшення глибини обробітку та кількості механічних обробок ґрунту, що сприяє зменшенню витрат ресурсів. Тут часто застосовують комбіновані ґрунтообробні машинні агрегати та дискові знаряддя. Але при такій технології в більшості випадків також є відкритий або не достатньо захищений ґрунт, що також може призвести до ерозії ґрунту та втрати вологи.

Нульова технологія передбачає використання машинних агрегатів для прямої сівби. Такі агрегати практично не оброблюють ґрунт і на поверхні залишається стерньовий фон. Дослідження підтверджують зниження ризику виникнення ерозії ґрунту та накопичення у ньому вологи, особливо зі збільшенням часу її застосування. При цьому тут найменші витрати ресурсів (витрати пального, наприклад, складають приблизно 10...15 л/га). Тому вона є найбільш ефективною.

Для прямої сівби в агрегаті застосовують сівалки прямої сівби. Їх можна поділити на такі групи: перша – сівалки з підрізаючими робочими органами по всій ширині захвату, які часто є одночасно і сошниками; друга – сівалки з сошниками типу анкерних (вузькі клиновидні або долотоподібні), у яких як правило, стоять перед ними дискові ножі або колтери; третя – сівалки з дисковими сошниками і перед ними встановленими колтерами (турбо дисками). Всі ці сівалки за компоновкою робочих органів можуть бути як моноблокові так і модульні.

Перші дві групи сівалок прямої сівби, у порівнянні з третьою, мають більше тяговий опір агрегату. Тому розглядаємо сівалку модульну, яка складається з ґрунтообробної приставки з турбо дисками і сівалки з дисковими сошниками. Чому саме модульну, тому що можна окремо зернову сівалку без переобладнання використати в мінімальній технології і технології з оранкою.

В господарстві використовується причіпна сівалка прямої сівби Great Plains CPN 2000 в агрегаті з МТЗ 1523 потужністю двигуна 111кВт. Сівалка складається з приставки з ґрунтообробними дисками і навішеної до неї зернової сівалки з дисковими сошниковими секціями з опорно прикочуючими колесами. При прямій сівбі колтери приставки розпушують вузькі смуги ґрунту до яких диски сівалки укладають насіння та добрива. У разі мінімальної технології або технології з оранкою використовується тільки зернова сівалка у начіпному варіанті. Досвід використання такої сівалки в різних технологіях показав, що при сівбі, коли поверхня ґрунту має навіть дещо підвищену вологість, відбувається налипання ґрунту на опорно прикочуючих колесах секцій і це значно підвищує нерівномірність заробки насіння як в рядку так і по ширині захвату агрегата. В результаті нерівномірні сходи рослин, що призводить до недоотримання потенційної врожайності та втрат під час збирання. Для вирішення даної проблеми було виготовлено і встановлено чистики на прикочуючи колеса, що для більшості випадків з дещо підвищеною вологістю ґрунту усуває надмірне його налипання. Також виявилось, що при агрегуванні окремо начіпної зернової сівалки, яка повністю заправлена (близько 4,3 т), з даним трактором в піднятому стані погіршилось зчеплення передніх керованих коліс. Така проблема була вирішена шляхом встановлення додаткової противаги до штатної.

Виходячи з досвіду експлуатації даного агрегату пропонується використати агрегат для прямої сівби у складі приставки Great Plains з ґрунтообробними колтерами і серійної причіпної зернової сівалки СЗ, яка також є в наявності. В такому разі приставка дообладнується саморобним причепом для приєднання сівалки СЗ.

Список використаних джерел

1. Дьяконов С.О., Пахучий А.М. Аналіз технологій вирощування зернових культур та конструкцій сівалок прямої сівби / Харків: ДБТУ, 2022. – С. 258-260.
2. Д'яконов С.О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого сіву / – Харків, 2007. – 20 с.
3. A. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Viktor Ryndiaiev, Sergey Dyakonov, Mykola Stashkiv. Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, which increase the quality of sowing and yield / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1(112)). 2021. – p. 61–75.
4. Great Plains. URL: <https://nfm.com.ua/great-plains> (дата звернення: 17.11.2025).

УДК 631.331.1:631.331.021.5

ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ СІВБИ АГРЕГАТАМИ С ДИСКОВИМИ СОШНИКОВИМИ СИСТЕМАМИ

Якунін О.О., Старіков А.А. здобувачі ВО, Дьяконов С.О. к.т.н.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі розглянуто основні передумови ефективної сівби зернових культур із використанням агрегатів, оснащених дисковими сошниковими системами. Наведено їхні переваги та недоліки. Наголошено, що правильний вибір типу сошника і секції в цілому забезпечує рівномірний розподіл насіння, оптимальну глибину загортання та підвищення врожайності

Сучасна наука і передовий досвід доводять, що при створенні необхідних умов для проростання і розвитку зернові культури мають достатньо великі запаси потенційної біологічної їх врожайності. Реалізувати ці можливості можна за рахунок удосконалення існуючих технологій їх вирощування, а також створюванням машини або їх робочих органів, що відповідають високим вимогам агротехніки.

Для забезпечення найкращого розвитку і росту рослин, необхідно підготувати ґрунт відповідно до агротехнічних вимог до ґрунтово-кліматичних умов даної ділянки вирощування. Серед агротехнічних вимог до посіву можна виділити такі основні: рівномірність розподілу насіння, дотримання норм висіву, необхідна глибина загортання, строки посіву насіння, що це все забезпечить отримання найвищого врожаю.

Розміщення насіння в ґрунті, площа живлення кожної рослини, її форма на практиці визначається обраним способом і нормами висіву. Для сівби зернових культур використовуються такі способи: звичайний рядковий, вузькорядний, перехресний, смуговий, розкидний.

Звичайний рядковий – полягає у розміщенні насіння рядками з міжряддям 10...25 см, а у рядку розміщується з інтервалом 1,5...2,0 см. Такий спосіб сівби

найбільш поширений во всіх кліматичних зонах України, при цьому ширина міжрядь складає у більшості випадків 15 см.

Вузькорядний спосіб сівби. Сівба з шириною міжрядь менше 10 см, а саме найбільш поширена – 7,5 см. Порівняно зі звичайним рядковим способом забезпечується більш рівномірний розподіл насіння по площі живлення рослин.

Перехресний спосіб сівби – насіння сіють рядковим способом на одному полі, але у двох взаємо перпендикулярних напрямках з половинними нормами висіву (рекомендується при цьому збільшувати норму висіву на 10...15 %). Такий спосіб сівби ще більш рівномірно розподіляє насіння по площі. Але за рахунок проходження двох разів по одному полі збільшується час на сівбу, витрати пального і праці та площа ущільнення ґрунту. Тому на сьогодні від такого способу сівби відмовилися.

Розкидний – самий давній спосіб, але як показують досліді достатньо ефективний. На сьогодні іноді використовують для поверхневого розкидання насіння трав. Обумовлене це тим, що так ще і немає спеціальних сівалок і розроблених до них робочих органів.

Смушковий спосіб сівби. Різновид рядкового, але насіння розміщується смугами завширшки не менше 10 см. Також є достатньо ефективним способом. Для такої сівби використовують сівалки з підрізувальними культиваторними лапами, у яких їх стояки часто є і насіннепроводами. Під час руху агрегата лапа-сошник на свою ширину захвата відкриває дно борозни, на яке рівномірно по всій смузі висівається насіння. Також підрізувальні лапи-сошники підрізують бур'яни і утворюють під ущільнене посівне ложе для насіння. У порівнянні з деякими іншими типами сошників до недоліків можна віднести наступне: більший тяговий опір та гірша рівномірність загортання насіння по глибині, особливо на твердих, щільних та нерівних ґрунтах.

Виходячи з вище наведеного доцільно застосовувати звичайний рядковий спосіб сівби сівалками з анкерними, долотоподібними та дисковими сошниками. Анкерні, долотоподібні сошники рівномірно укладають насіння за глибиною на якісно підготовлених ґрунтах, рівних, не дуже щільних і важких. Часто такі сошники кріпляться до рами жорстко, що погіршує їх рівномірність ходу по глибині на нерівних полях. Тому є конструкції сошникових систем з паралелограмною підвіскою, а це дещо ускладнює будову. На підставі чого пропонується використовувати посівні агрегати з дисковими сошниками з радіальною їх підвіскою. Переваги такої сошникової системи є: найменший тяговий опір; задовільна рівномірність розподілу насіння за глибиною на нерівних полях, неякісно оброблених, важких та щільних ґрунтах; проста конструкція підвіски сошника.

Список використаних джерел

1. Бучко, І. О., Добранський, С. С. Аналіз сошників посівних агрегатів // Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції (м. Київ, 17-19 жовтня 2024 р.). – К.: НУБП України, 2024. С. 58-61.

2. Дьяконов С.О., Пахучий А.М. Аналіз технологій вирощування зернових культур та конструкцій сівалок прямої сівби / Харків: ДБТУ, 2022. – С. 258-260.
3. Д'яконов С.О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого сіву / – Харків, 2007. – 20 с.
4. A. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Viktor Ryndiaiev, Sergey Dyakonov, Mykola Stashkiv. Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, which increase the quality of sowing and yield / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1(112). 2021. – p. 61–75.
5. Анкер або диски / Стаття в журналі онлайн-виданні «AgroONE». 30.07.2019. URL: https://www.agroone.info/publication/anker-abo-diski/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 14.11.2025).
6. Спосіб сівби / Головний сайт для агрономів. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/sposib-sivbi-id20088> (дата звернення: 14.11.2025).

УДК 631.331.1:631.51/.53:631.582

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СІВАЛОК У УМОВАХ ЗНАЧНОЇ КІЛЬКОСТІ РОСЛИННИХ РЕШТОК ПІСЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧІСУВАЛЬНИХ ЖНИВАРОК

Безпалий О.Г. здобувач ВО, Пахучий А.М. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Дослідження спрямоване на технологічну оцінку робочих органів сівалок та вибір оптимального поєднання анкерного сошника, очисника рядка і напрямних коліс для забезпечення стабільного та точного висіву в умовах мульчованої поверхні. Отримані результати підкреслюють необхідність вдосконалення конструкцій висівних агрегатів і підтверджують їх важливу роль у підвищенні рівномірності сходів та ефективності консерваційних технологій в Україні.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України все більшого значення набувають консерваційні технології землеробства, такі як ноу-тілл та мінімальний обробіток ґрунту. Ці системи спрямовані на збереження родючості ґрунтів, економію пального та зменшення негативного впливу на довкілля. Проте їх широке впровадження супроводжується низкою технологічних викликів, ключовим серед яких є робота з великим об'ємом рослинних решток, що залишаються на поверхні поля після збирання врожаю.

Особливої актуальності це питання набуває при використанні обчісувальних жниварок типу УАС «Слов'янка» та Shelbourne Reynolds. На відміну від традиційних жаток, такі машини здійснюють вибіркове відокремлення зерна від колоса без зрізання стебла, що дає змогу суттєво знизити масу соломи, яка потрапляє до молотильного апарата комбайна. Це зменшує енергоспоживання, підвищує пропускну здатність комбайна, знижує

зношування його вузлів і агрегатів. Однак технологія обчісування формує принципово інший післязбиральний фон — значна кількість довгостеблової, малоподрібненої, часто стоячої соломи, яка залишається безпосередньо в полі. Що погіршує стабільність висіву, спричиняти збільшення пропусків, подвійних висівів, зростання варіативності глибини загортання та нерівномірність проростання.

Вказані труднощі потребують застосування сівалок, оснащених спеціалізованими робочими органами, здатними ефективно працювати в умовах підвищеної засміченості рослинними рештками, ідеться не лише про вибір типу сошника анкерний або дисковий, а й про використання очисників рядка, направляючих коліс, притискних елементів та систем контролю висіву. Саме від правильного поєднання цих частин залежить здатність машини забезпечити стабільне формування посівної борозни, точне розміщення насіння і рівномірність появи сходів.

Тому питання комплексної технологічної оцінки ефективності різних систем висіву в умовах значного накопичення рослинних решток, характерних для мінімального обробітку та прямого посіву, є надзвичайно актуальним. Таке дослідження дозволяє визначити оптимальні конструктивні рішення, адаптувати сучасні сівалки до особливостей роботи після обчісувальних жниварок і розробити практичні рекомендації для аграріїв. Зрештою, правильний підбір робочих органів висівної машини сприятиме підвищенню польової продуктивності, стабільності врожаю та ефективності систем консерваційного землеробства в Україні.

Метою роботи є проведення технологічної оцінки робочих органів сівалок та визначення оптимальної комбінації висівних елементів (сошників, очисників рядка, напрямних коліс), що забезпечують високу якість висіву в умовах значної засміченості посівного ложа рослинними рештками, сформованими після використання обчісувальних жниварок у системах мінімального та нульового обробітку ґрунту.

Ефективність функціонування висівних агрегатів у полі з великим шаром рослинних решток значною мірою визначається правильним підбором та поєднанням робочих органів. У середовищі з високою засміченістю мульчею — особливо після роботи обчісувальних жниварок, які залишають на поверхні значну кількість довгих та стоячих стебел — традиційні конструкції сівалок часто не здатні забезпечити стабільну глибину загортання та рівномірне формування рядка. Це призводить до порушення якості висіву, нерівномірної появи сходів і зниження продуктивності посівної техніки. Ефективною в таких умовах є комбінація робочих органів, до складу якої входять анкерний сошник, очисник рядка та напрямні колеса. Анкерний сошник завдяки геометрії та високій проникаючій здатності забезпечує стабільне прорізання шару мульчі та формування чіткої борозни навіть за наявності жорстких і довгих рослинних решток. Очисник рядка виконує функцію попереднього очищення посівної смуги, усуваючи зі шляху сошника стебла, дрібні фрагменти соломи та інші перешкоди, що дозволяє уникнути підйому сошника й нерівномірного

заглиблення. Напрямні колеса стабілізують роботу секції, контролюють глибину загортання, вирівнюють мікрорельєф та запобігають боковому зміщенню робочого органу в шарі мульчі.

Умови підвищеної засміченості посівного ложа рослинними рештками, що формуються внаслідок впровадження мінімального обробітку ґрунту та технології прямого посіву, особливо після застосування обчисувальних жниварок, визначають потребу в подальшому вдосконаленні конструкцій сучасних висівних машин. Ефективна робота сівалок у таких складних агрофонах потребує застосування спеціалізованих робочих органів, здатних забезпечити стабільне формування посівної борозни, чистоту рядка та контроль глибини загортання насіння. Разом із тим, різноманітність ґрунтово-кліматичних умов України та широка варіативність післязбиральних решток вимагають розширення спектра досліджень щодо адаптації висівних агрегатів до цих умов.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на оцінку роботи висівних систем за різних типів рослинних решток (зернових, технічних, дрібностеблових культур), визначення оптимальних параметрів налаштування робочих органів залежно від вологості ґрунту й структури мульчі, а також на розроблення нових конструктивних рішень для підвищення прохідності та точності висіву. Доцільним є проведення порівняльних експериментів із сучасними модифікованими та серійними сівалками, моделювання процесів формування насіннєвого ложа в умовах різної щільності мульчі, а також дослідження впливу робочих органів на енергозатрати та довговічність агрегатів.

Список використаних джерел

1. Doan V., Chen Y., Irvine B. Effect of residue type on the performance of no-till seeder openers. *Canadian Biosystems Engineering*. 2020. Vol. 47. P. 229–235.
2. Parihar, D. S., Dogra, B., Narang, M. K., Singh, S. K., Khurana, R. (2022). Development and evaluation of notched concave disc seed drill for direct seeding of wheat in paddy stubble field. *Journal of Agriculture and Food Research*, Vol. 10. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100421>
3. Дьяконов С. О., Пахучий А. М., Якунін О. О. Огляд технічних особливостей робочих органів сівалок для технології No-Till та їх використання. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 260-263.
4. Пахучий А. М. Технології використання обчисаної соломи. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 226-228.
5. Дьяконов С. О., Пахучий А. М. Дослідження роботи агрегатів для прямої сівби. Технічний прогрес в АПК: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 162-163.

УДК 631.51:631.67

ВПЛИВ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ НАКОПИЧЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОЛОГИ

Гєнов М. М. здобувач ВО, Пахучий А.М. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто вплив різних систем обробітку ґрунту на накопичення та збереження продуктивної вологи в умовах кліматичної нестабільності та зменшення кількості опадів в Україні. Консерваційні технології довели свою ефективність як інструмент адаптації землеробства до сучасних кліматичних викликів, забезпечуючи стабільніші умови для проростання та розвитку культур.

У сучасних умовах агровиробництва України одним з ключових обмежувальних факторів формування стабільної та високої врожайності є нестабільний і загалом недостатній режим зволоження ґрунту. Протягом останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до зменшення кількості ефективних опадів у критичні для рослин періоди, одночасно з підвищенням середньодобових температур, що спричиняє швидше висушування орного шару. Кліматичні зміни проявляються у вигляді частіших і триваліших періодів посух, раннього весняного прогрівання ґрунту, зсуву вегетаційних фаз, а також нерівномірності й епізодичності опадів, коли за короткий час випадає значний обсяг води, але більша його частина не встигає інфільтруватися й втрачається у вигляді поверхневого стоку. Усе це загострює проблему дефіциту продуктивної вологи в орному та підорному шарах ґрунту, що впливає як на проростання насіння, так і на формування кореневої системи та продуктивності культур.

Традиційні системи інтенсивного обробітку, засновані на регулярному виконанні глибокої оранки, культивуації та вирівнювання поверхні поля, все менше відповідають сучасним умовам. Глибока оранка руйнує стабільні структурні агрегати, порушує капілярно-пористу систему ґрунту, сприяє розвитку ерозійних процесів та прискорює мінералізацію органічної речовини, що з часом призводить до зниження вмісту гумусу. Розкритий, інтенсивно аерований ґрунт швидко втрачає вологу через випаровування, утворює кірку після дощів та стає більш вразливим до перегрівання на сонці. У таких умовах навіть значні витрати на основний і передпосівний обробіток не гарантують достатнього збереження води та однорідної структури посівного ложа.

На цьому фоні істотно зростає інтерес до мінімальних, нульових та комбінованих систем обробітку ґрунту, які здатні ефективно адаптувати технологію до сучасних кліматичних викликів. Мінімальний обробіток (mini-till) дозволяє зменшити кількість проходів техніки, мінімізувати руйнування структури ґрунту та зберігати на поверхні значну частину рослинних решток, які виконують функцію природної мульчі. Нульовий обробіток (no-till) формує стабільну екологічно збалансовану систему, у якій мульча повністю покриває поверхню поля, знижуючи температуру ґрунту, стримуючи випаровування,

покращуючи інфільтрацію опадів та накопичення вологи в осінньо-зимовий період. Комбіновані системи, зокрема strip-till, поєднують переваги глибокого розпушення в зоні рядка із збереженням мульчованого міжряддя, що робить їх ефективними для культур із широкими міжряддями і дозволяє зберегти вологу навіть у засушливі роки.

Таким чином, у контексті кліматичних змін саме ресурсозберігаючі технології обробітку ґрунту стають стратегічно важливими для підтримання водного режиму, зменшення втрат продуктивної вологи та підвищення стійкості агроландшафтів. Вони забезпечують не лише економію енергоресурсів і збереження структури ґрунту, але й створюють передумови для стабільного розвитку рослин навіть за умов тривалих періодів посухи.

Системи з мінімальним і нульовим обробітком ґрунту мають суттєві переваги щодо накопичення та збереження продуктивної вологи завдяки збереженню рослинних решток на поверхні поля. Рослинні рештки виконують роль природної мульчі, яка формує стабільний захисний шар, що знижує інтенсивність інсоляції поверхневого шару ґрунту та зменшує його перегрівання у денні години. Зменшення температурних коливань позитивно впливає на збереження капілярної вологи та сповільнює випаровування. Мульча також обмежує утворення ґрунтової кірки після опадів, завдяки чому вода краще проникає у профіль, сприяючи рівномірній інфільтрації та поповненню запасів вологи в орному шарі.

Порівняння різних систем обробітку засвідчило, що mini-till забезпечував на 10–15 % більше доступної вологи у посівному шарі порівняно з традиційною оранкою завдяки меншому порушенню структури ґрунту та частковому збереженню мульчі. Натомість нульовий обробіток демонстрував ще вищий потенціал водозбереження — до 20–30 % у періоди дефіциту опадів. Це пов'язано з тим, що за системи no-till мульча повністю покриває поверхню поля, мінімізуючи безпосередній контакт ґрунту з сонячним промінням та вітром, що суттєво знижує швидкість висушування. Окрім того, під шаром рослинних решток відбувається накопичення дрібних органічних часточок, які з часом покращують пористість верхнього шару та його здатність утримувати вологу.

Система strip-till продемонструвала ефективність як технологія компромісного типу. Завдяки смуговому рихленню у зоні майбутнього рядка створюється глибоке, структуроване та вологомістке посівне ложе, здатне акумулювати й утримувати воду навіть у періоди посушливих умов. Одночасно мульчований простір між рядками зберігає захисні властивості no-till, забезпечуючи менше перегрівання ґрунту та кращу інфільтрацію опадів. Це робить strip-till ефективним рішенням для культур із широкими міжряддями та для господарств, які прагнуть поєднати переваги глибокого розпушення та збереження мульчі.

Упродовж усього вегетаційного періоду найменші втрати вологи зафіксовано на ділянках, де застосовано технологію no-till. Це зумовлено нижчою температурою поверхні ґрунту, підвищеною загальною пористістю верхнього шару та меншим механічним втручанням, яке часто провокує швидке

висушування після обробітку. Крім того, збереження структурних агрегатів сприяє стабільному капілярному підняттю вологи з глибших горизонтів, що є особливо важливим у тривалі бездощові періоди.

Натомість оранка показала найвищі втрати води. Розкритий ґрунт піддається інтенсивній аерації, що прискорює окисні процеси, руйнує гумус і активізує мікробіологічні процеси, пов'язані з мінералізацією органічної речовини. Одночасно через руйнування структури зменшується здатність ґрунту поглинати та утримувати вологу, зростає інтенсивність випаровування, а після рясних опадів значна частина води втрачається через стік і утворення кірки.

Особливо показовими є результати у посушливі роки, коли саме консерваційні системи обробітку — mini-till, no-till та strip-till — забезпечували стабільніше зволоження на глибині 0–20 см. Це, у свою чергу, сприяло рівномірним і дружним сходам, покращенню початкового росту рослин та формуванню потужнішої кореневої системи. Вологозбереження в цей період є критично важливим, оскільки від початкових запасів залежить успішність усієї вегетації культури.

Проведений аналіз підтверджує, що вибір системи обробітку ґрунту має вирішальний вплив на формування його водного режиму та стійкість агроєкосистем до кліматичних стресів. Традиційна оранка, попри поширеність, характеризується значними втратами продуктивної вологи через руйнування структури, перегрівання поверхневого шару та інтенсивне випаровування. Натомість мінімальний, нульовий та смуговий обробіток ґрунту забезпечують істотно ефективніше використання природних водних ресурсів.

Mini-till сприяє збереженню частини рослинних решток і покращує водопроникність ґрунту, формуючи помірний рівень водозбереження. Технологія no-till демонструє найвищу ефективність у накопиченні вологи завдяки суцільному мульчувальному покриву, який зменшує втрати води та стабілізує температурний режим ґрунту. Strip-till поєднує переваги глибокого рихлення в зоні рядка з мульчуванням міжрядь, забезпечуючи оптимальне середовище для проростання культур навіть у періоди дефіциту опадів.

У цілому консерваційні системи обробітку виступають дієвим інструментом адаптації землеробства України до сучасних кліматичних умов. Вони дозволяють підвищити ефективність використання вологи, зменшити ерозійні процеси, покращити структуру ґрунту та створюють передумови для стабільного та енергоощадного агровиробництва. Впровадження таких систем є важливим кроком до формування стійких технологій вирощування культур у посушливих і нестабільних за зволоженням регіонах.

Список використаних джерел

1. Циліурік О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу : монографія. – Дніпро : Новий Світ – 2000, 2019. – 298 с.
2. Тараненко С. В., Коба Р. Г. Вплив видів обробітку ґрунту та способів сівби на урожайність сої. Таврійський науковий вісник. Серія :

Сільськогосподарські науки. – 2025. – Вип. 141, ч. 2. – С. 92–102. – DOI: 10.32782/2226-0099.2024.141.2.13.

3. Циліурік О. І., Ткаліч Ю. І., Колесникова К. В., Рудаков Ю. М., Ткаліч Ю. Ю. Modern trends and development directions of soil tillage systems in the world and Ukraine *Agrology*. – 2025. – Vol. 8, No. 1. – P. 48–54. – DOI: 10.32819/202507.

4. Дьяконов С. О., Пахучий А. М., Якунін О. О. Огляд технічних особливостей робочих органів сівалок для технології No-Till та їх використання. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 260-263.

5. Козаченко О.В., Рекута І.В. Удосконалення процесу поверхневого обробітку ґрунту з розробкою дискового знаряддя. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XIX Міжнар. форуму молоді, 6-7 квіт. 2023 р. Харків: ДБТУ, 2023. С. 15

УДК: 351.777:504.06

СТАБІЛІЗАЦІЯ РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕРОБСТВА В УКРАЇНІ

Бондар О.І. здобувач ВО, Романащенко О.А. доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є формування сталих екосистем за умови стабілізації вмісту гумусу в ґрунті внаслідок внесення необхідної кількості органічних добрив, оптимізації співвідношення між просапними та суцільної сівби культурами, мінімізації обробітку, вапнування, гіпсування ґрунтів та їх захисту від ерозії.

Традиційні технології аграрного виробництва спрямовані на збільшення валових зборів, а якість урожаю та безпека його подальшого використання не мають належної уваги. Екологічний стан земель сільськогосподарського призначення, що розглядається як вирішальний чинник отримання високоякісної сільськогосподарської сировини, кормів і харчових продуктів є незадовільним через інтенсивний характер їх господарського використання й антропогенно-техногенне навантаження прогресуючої ерозії, підвищеної кислотності, засолення, перезволоження, радіаційного забруднення і розвитку інших негативних процесів [2].

Ґрунт є найважливішою складовою екосистем, а його родючість залежить, насамперед, від вмісту і складу гумусу, кількості, надходження і трансформації органічної речовини. На початку 80-х років XX ст. втрати гумусу компенсувалися за рахунок внесення на кожен гектар до 6 т органічних добрив. Однак на початку XXI ст. зменшення норм внесення органічних добрив призвело до збільшення дефіциту гумусу майже у 5 разів, а щорічні втрати його становлять 600–700 кг/га. Стабілізації розвитку землеробства сприяє перетворення сучасної агроекосистеми в адаптивну, тобто стійку й сталу. Сталі екосистеми можливі

лише за умови стабілізації вмісту гумусу в ґрунті внаслідок внесення необхідної кількості органічних добрив, оптимізації співвідношення між просапними та суцільної сівби культурами, мінімізації обробітку, вапнування, гіпсування ґрунтів та їх захисту від ерозії [3].

Необґрунтовані дози мінеральних добрив, численні обробки хімічними засобами захисту рослин, порушення (ігнорування) технології їхнього застосування, інтенсивний обробіток ґрунту призвели до низки негативних екологічних наслідків [4].

Основні причини погіршення агрономічних властивостей ґрунту в Україні:

- спеціалізація господарств, малопільні сівозміни, монокультури, беззмінні посіви культур;
- багаторазовий обробіток ґрунту різними знаряддями, потужні важкі колісні трактори і комбайни;
- водна і вітрова ерозія;
- найбільша у світі розораність земель;
- споживацьке ставлення до землі, намагання якнайбільше від неї отримати і якнайменше їй повернути, що призводить до виснаження ґрунту і зменшення його родючості;
- перехід на індустріальні та інтенсивні технології із застосуванням високих доз мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, який супроводжується забрудненням ґрунту баластними речовинами, нагромадженням отрутохімікатів;
- забруднення відпрацьованими газами сільськогосподарських машин, мастилами та паливом, які витікають з них під час роботи на полях, а також техногенними викидами промислових підприємств [1].

Розвиток та ефективне функціонування систем землеробства вимагає максимального наближення сіяних агроценозів до природних. Цю важливу функцію біологізації землеробства значною мірою здатні забезпечувати культури проміжного вирощування на корм, сидерат, та навіть на насіння.

Велике значення для поширення проміжних посівів мають тривалість післязбирального періоду, тепло, світло, опади та відношення рослин до них [3].

Багаторічні дослідження і виробнича практика показали, що однорічні кормові культури можна вирощувати в тих районах, де післязбиральний період становить 60–80 днів з сумою активних температур не менше 1000 °С і опадів 150 мм. Початок цього періоду збігається з середньою датою збирання попередників, кінець для теплолюбних культур – з настанням перших осінніх приморозків, для холодостійких – із зниженням температури повітря нижче 5 °С.

При вирощуванні проміжних післязбиральних культур вирішальне значення має правильний підбір культур і сортів, який відповідав би ґрунтово-кліматичним умовам: рослини з коротким вегетаційним періодом, невибагливі до тепла, вологи, маловимогливі до світла, а також стійкі до ранніх приморозків.

За двох урожаїв за рік з однієї площі ґрунт значно довше, ніж за одного, перебуває під покривом рослин, які синтезують надземну й підземну органічну масу. Близько половини її у вигляді коренів і стерньових решток залишається у

ґрунті й розкладається на поживні речовини. Під проміжними посівами бобових ґрунт збагачується азотом, який фіксують з повітря бульбичкові бактерії. Люпин, гречка, гірчиця біла використовують з ґрунту важкорозчинні фосфорні добрива. Тому два врожаї за рік, хоч і виносять з ґрунту більше поживних речовин, ніж один, але за правильного розподілу добрив підвищуються врожай наступної культури сівозміни і родючість ґрунту.

Строки сівби мають важливе значення при вирощуванні високих урожаїв озимих проміжних посівів. За дуже ранніх строків сівби озимі переростають, а за пізніх – не встигають до настання зими зміцніти і загартуватися, тому погано витримують несприятливі умови зими. Найкраще перезимовують рослини з осені добре розвинуті, укорінені й стадійно молоді.

Висновок

У зв'язку з тим, що післяжнивні культури серед інших проміжних дають нижчий врожай, тому слід надавати перевагу рослинам, які мають меншу норму висіву і низьку собівартість насіння. Основними напрямками в системі обробітку ґрунту в Україні і за кордоном є заміна полицевого обробітку на безполицевий, зменшення кількості операцій у технології вирощування сільськогосподарських культур, використання комбінованих агрегатів для виконання декількох технологічних операцій за один прохід техніки полем.

В зоні достатнього зволоження використання післяжнивної культури на зелене добриво доцільно запроваджувати під час вирощування просапних культур (цукрові буряки, картопля, кукурудза).

Список використаних джерел

1. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство: Підручник. – Львів: "Новий Світ-2000", 2007. – 429 с.
2. Відтворення родючості ґрунту у ґрунтозахисному землеробстві. Наукова монографія /Національний аграрний університет України. Під ред. М.К. Шикули. – К.: ПФ Оранта, 1998. – 680с.
3. Шувар І. А. Наукові і практичні основи використання культур проміжних посівів у ґрунтозахисному землеробстві. - Львів: ЛДСГІ, 1996.- 29 с.
4. Шувар І. А. Наукові основи сівозмін інтенсивно-екологічного землеробства: Монографія. - Львів: Каменяр, 1998. - 224 с.

УДК:631.333

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Кудлай С.В. здобувач ВО, Романащенко О.А. доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є технологія вирощування сільськогосподарських культур Strip-till. Забезпечення необхідних умов роботи та класифікація робочих органів в залежності від структури ґрунту.

Говорячи про обов'язкові компоненти технології Strip-Till, слід звернути увагу на необхідність залучення до роботи систем точного землеробства для послідувочої роботи з технологією, коли для точного знаходження попередньо оброблених рядів треба використовувати системи позиціонування машин з високою точністю. Зрозуміло, що тут мова йде про використання точності систем з TRK станціями, для великих посівних агрегатів вже повинні оснащуватися приймачами не тільки на тракторі, але і на самій сівалці для підвищення точності сигналу і позиціонування.

Висока точність повторного перебування вже сформованого рядка дозволяє легко вирощувати на підготовлених ділянках проміжні культури. Краще збереження по технології Strip-Till водних запасів також сприяє такої можливості без великих побоювань щодо нестачі водних запасів для основної культури, якщо певну їх частку використовує проміжна. Зрозуміло, що так само, як і технологія Strip-Till, вирощування проміжної культури сприяє здоров'ю ґрунтів, збагачує їх поживними речовинами і запобігає ерозії. Порівняно з цим комбінований варіант технології Strip-Till, в принципі, дозволяє працювати навіть без високоточних технологій точного землеробства через одночасну обробку рядка разом з сівбою, хоча, незважаючи на досить великі розміри машин, а також велику користь від інформації про точності розміщення рядка як для проведення подальших обробок, так і здійснення підготовчих робіт на поле в наступні роки, доцільно хоча б використання систем паралельного водіння із збереженням даних про місці закладки рядів.

Зазвичай технологія Strip-Till може застосовуватися як з попередньою обробкою стерні, так і без неї. В цьому випадку все буде залежати від якості стерні, що залишилася від попередника, кількості і, навіть важливіше того, рівномірності розподілу на поверхні післяжнивних залишків, а також ефекту, якого прагнуть досягти. Часто при великих обсягах поживних залишків, особливо їх нерівномірного розподілу як результат недостатньої роботи подрібнювача і розподільника поживних залишків на комбайні, виникає потреба перш, ніж перейти до підготовки ґрунту, пустити на поле сітчасту борону. Дійсно, цей агрегат може бути дуже корисним щодо поліпшення ситуації з розподілом соломи на полі, але виправити всі помилки навіть він не в змозі.

Занадто великий обсяг соломи і дуже нерівномірний її розподіл не може ефективно усуватися навіть сітчастими боронами, не кажучи вже про те, що

неправильні налаштування під час роботи може навіть погіршити ситуацію. При цьому не можна забувати, що ефективна прибирання рослинних залишків з місця утворення рядків є одним з основних умов спрацьовування технології Strip-Till. Збиральні конструктивні елементи повинні бути в змозі забрати з рядків соломинки і не допустити їх прямого контакту з насінням після посіву, через що урожайність полів може сильно страждати [1].

Технологія Strip-Till включає такі операції як: нарізання стрічок, осіннє внесення добрив, весняне внесення дорив, сівбу.

Деякі технологічні операції можливо сумістити під час виконання в один період. Так, наприклад, нарізання стрічок, як правило, суміщають з осіннім внесенням добрив. Весною одночасно з внесенням добрив проводять сівбу.

Обладнання для реалізації Strip-Till можна розділити на три основні категорії: легкі, середні і важкі, залежно від ваги секцій і глибини обробітку (або ступеня обробітку ґрунту). Причому, його класифікують за ступенем дії робочого органу на ґрунт.

Залежно від ступеня дії на ґрунт агрегати по Strip-Till можна розділити на дві основні групи: весняні (легкі); осінні: а) середні; б) важкі (глибокі).

Для реалізації цих технологічних операцій необхідно використовувати певні робочі органи, які за мінімальних енергетичних затрат дають можливість реалізувати увесь комплекс запланованих заходів.

Весняні агрегати для Strip-Till в основному призначені для очищення ряду від рослинних залишків і помірного поверхневого розпушення ґрунту. Можна при цьому вносити мінеральні добрива на глибину поверхневого розпушення. Для осіннього варіанту Strip-Till на секції для смугового обробітку обов'язковим є стояк для інтенсивного розпушення ґрунту: а) середня для глибини 20-30 см; б) важка – для глибини обробітку 30-50 см [1, 2].

Використовуючи комбінацію тих чи інших робочих органів можна досягти ефективного виконання технологічних операцій з мінімальними витратами. Технологію Strip-Till можна застосовувати і за традиційного або мінімального обробітку ґрунту, наприклад, проводячи восени неглибоке (на 5-6 см) суцільне дискування ґрунту, а весною – смуговий обробіток на глибину 15-25 см одночасно з сівбою.

Найважливішим чинником упровадження технології Strip-Till є скорочення витрат на обробку ґрунту, оскільки велика частина поля не обробляється. Завдяки застосуванню на агрегатах для Strip-Till комбінації різних робочих органів, які розрізають і заробляють рослинні залишки, проводять глибоке розпушення і кришення ґрунту, утворюють борозну. І все це – за один прохід.

Завдяки можливості смугового обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив під кореневу систему рослин, розкриваються нові перспективи ефективності застосування мінеральних добрив. Такі підвіски застосовують на просапних та універсальних культиваторах.

Спостереження за тим, як розвивалися різні культури у рамках цієї технології, показує, що Strip Till містить у собі великий потенціал, і в багатьох

господарствах з часом може стати звичайною технологією обробітку. Це стосується обробітку як класичних просапних культур, таких як кукурудза та буряки, так і приземкуватих культур, таких як ріпак, зернові. Смогова обробка ґрунту може запропонувати вирішення проблем, обумовлених сівозміною, як, наприклад, проростання старого ріпаку або поширення лисохвосту польового. Цей метод може протидіяти тому, що «зариті» насіння через деякий час проростуть в масовому масштабі.

Шляхом поділу обробки ґрунту та посіву можна значно підвищити ефективність всієї системи. Витрати часу на завантаження добрив і більш низька швидкість роботи культиватора не впливають на продуктивність сівалки по площі. Як у будь-якій технології, тут теж є межі використання. Так як смогова обробка придатна не для всіх видів ґрунтів, фактором обмеження застосування даної технології є важкі або вологі на момент проведення посівних робіт ґрунти (менше сипучі ґрунти теж висувають свої вимоги). Також значну роль відіграє структура сівозміни, тут можна тільки припускати, наскільки сільгоспвиробники готові видозмінити її, щоб пристосувати до технології Strip Till [1, 2].

Дана технологія має повне право на існування, а питання по впровадженню в сільськогосподарських підприємствах потребує додаткового часу на розробку, або закупівлю закордонної техніки.

Висновок

Стрічковий обробіток ґрунту є енерго- і ресурсозберігаючим, бо обробляється за один прохід агрегату лише близько 30% площі, а отже, витрачається менше 70% дизельного палива, краще прогрівається оброблений ґрунт, зменшується випаровування вологи, а також дія вітрової і водної ерозії, підвищується ефективність використання мінеральних добрив за рахунок внесення їх у зону рядка.

Список використаних джерел

1. Войтік А. В. Технологія обробітку ґрунту стріп-тіл: історичний розвиток та поширення в Україні / А. В. Войтік, Р. В. Вихватнюк, Л. М. Худік // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. - 2016. - Вип. 46. - С. 117-123.
2. Голуб Г.А. Ефективність технології strip-till в системі обробітку ґрунту [Текст] / Г.А. Голуб, А.В. Дворник // Науковий вісник НУБіП України: Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., 2014. – Вип. 196. – С. 48-55.

UDC 631.372

OVERVIEW OF THE MOST COMMON TRACTORS IN CANADIAN FARMS

Svitlana Chygryna

State Biotechnological University, Kharkiv

This overview describes the main types of tractors used in Canada: compact, utility, row-crop, high-horsepower 4WD, specialty, and tracked models. Their purposes, design features, and applications on farms of various scales are briefly explained.

A wide range of tractor equipment is used in Canada, adapted to the diversity of farm types, climatic conditions, and production needs. The most common categories differ in power, intended use, and structural characteristics.

1. Compact and Sub-Compact Tractors

These are the smallest models in terms of size and power (Sub-compact tractors: 15–25 HP; Compact tractors: 25–50 HP). They are designed for small farms, private properties, gardening tasks, and municipal maintenance (up to 20 hectares). Sub-compact tractors are suitable for basic tasks such as mowing, yard maintenance, and light loading work. Compact tractors offer slightly more power, allowing for plowing, property maintenance, and work with attachments in confined spaces. They are in high demand among beginner farmers and small homestead owners. A popular example is the Kubota BX23S-1.

2. Utility Tractors (45–100+ HP)

This mid-range category combines adequate power with versatility. These tractors are widely used in agriculture, livestock farming, the municipal sector, and mixed-type farms (20–60 hectares). Their balance of power, maneuverability, and lifting capacity makes them universal work machines for snow removal, hauling, soil cultivation, and operating various attachments.

3. Row-Crop Tractors (100+ HP)

These specialized models are optimized for working with row-grown crops such as corn, soybeans, potatoes, and others. They typically feature increased ground clearance, narrow adjustable wheel tracks, and a design that allows efficient movement between rows without damaging plants. Their higher horsepower makes them suitable for intensive field operations on medium and large farms.

4. High-Horsepower and Four-Wheel Drive (4WD) Tractors

These are large machines designed for heavy agricultural work such as deep tillage, heavy plowing, and towing large implements. They are equipped with four-wheel drive, providing maximum traction and performance over large areas. Demand for such tractors is growing in Canada due to increasing farm sizes (over 60 hectares). One of the well-known manufacturers in this segment is the Canadian company Versatile.

5. Specialty Tractors

These tractors are designed for specific applications such as vineyard, orchard,

and melon farm operations, where space between rows is limited. They feature narrow frames, sometimes reduced clearance, compact dimensions, and safety for working among dense plantings. Such tractors are indispensable where precise and careful crop handling is required.

6. Tracked (Track) Tractors

Used less frequently than wheeled models, but in demand on soils that require minimal ground pressure or high traction. Tracks improve grip and reduce soil compaction, which is especially important on large fields and under harsh climatic conditions. Some manufacturers, including New Holland, combine wheeled and tracked systems to create models with enhanced mobility.

Conclusion

Canada's agricultural sector relies on a diverse range of tractor types, each tailored to specific farm sizes, terrain conditions, and production tasks. From compact machines used on small homesteads to high-horsepower 4WD units operating on vast prairie farms, every tractor category plays a vital role in ensuring efficiency and productivity. The combination of technological advancements, climate adaptation, and the needs of modern farming continues to shape the evolution of tractor equipment in the country. As Canadian farms expand and diversify, the demand for specialized and high-performance machinery will only continue to grow.

References

1. FutureAg (n.d.) *Canada's Favourite Farm Machinery: 4-Wheel-Drive Tractors & Compact Tractor Equipment*. Available at: https://www.futureag.ca/post/canada-s-favourite-farm-machinery-4-wheel-drive-tractors-compact-tractor-equipment?utm_source=chatgpt.com (Accessed: 23 November 2025).
2. Canadian Food Focus (n.d.) *The Mighty and Dependable Tractor*. Available at: https://canadianfoodfocus.org/on-the-farm/the-mighty-and-dependable-tractor/?utm_source=chatgpt.com (Accessed: 23 November 2025).
3. Renewables (2025) *A Complete Guide to Choosing the Right Tractors for Your Farm*. Available at: <https://renewables.com/blog/complete-guide-to-choosing-the-right-tractors-for-your-farm> (Accessed: 23 November 2025).

УДК 631.372:631.3.02

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОТОБЛОКІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

**Рожко І. І. доктор філософії,
Гончаренко О. О. кандидат технічних наук, доцент**

*Полтавський державний аграрний університет,
вул. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна*

Обґрунтовано актуальність застосування мотоблоків як універсальних засобів малої механізації для підвищення продовольчої безпеки та ефективності агротехнічних робіт у присадибних господарствах. Проаналізовано конструктивно-технологічну класифікацію агрегатів і визначено, що їхня експлуатаційна ефективність суттєво залежить від правильності вибору класу техніки, якості агрегатування з навісним обладнанням та фізико-механічних властивостей ґрунтів.

В умовах розвитку малих форм господарювання та підвищення ролі присадибного сектору в забезпеченні продовольчої безпеки України особливої актуальності набуває впровадження малогабаритних засобів, здатних забезпечити виконання ґрунтообробних, доглядових і транспортних робіт за умов обмежених площ та різноманітних фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Мотоблоки формують окремий сегмент малої механізації, який характеризується універсальністю застосування, економічною доступністю та можливістю замінювати традиційні тракторні агрегати на ділянках малої площі.

Наукові дослідження та технічні дані виробників підтверджують, що конструктивно-технологічна різноманітність мотоблоків дає змогу адаптувати їх до виконання широкого спектра агротехнічних операцій, проте ефективність їх застосування суттєво залежить від правильного вибору класу техніки, типу двигуна, конструкції трансмісії та якості агрегатування з навісним обладнанням [1].

Зростання інтересу до мотоблоків серед користувачів зумовлене їх енергетичною економічністю, компактністю, здатністю працювати у вузьких міжряддях і маневрувати на ділянках зі складною конфігурацією.

Легкі, середні та важкі мотоблоки відрізняються потужністю, масою, конструкцією редуктора, наявністю або відсутністю валу відбору потужності та можливостями під'єднання навісного обладнання. Легкі ремінні мотоблоки завдяки простій конструкції та доступності широко використовуються для поверхневого розпушування, міжрядного обробітку та дрібних побутових робіт, проте їхні можливості обмежені при роботі з важкими агрегатами або на важких ґрунтах.

Середні мотоблоки з прямим приводом і міцнішим редуктором забезпечують універсальніший спектр технологічних операцій, але відсутність стандартизації причіпних вузлів ускладнює підбір сумісного навісного

обладнання. Найвищий технологічний потенціал притаманний важким мотоблокам, маса яких перевищує 200 кг, а редукторна передача забезпечує значне тягове зусилля, стабільність руху та можливість роботи з активними агрегатами. Такі моделі найбільш наближені до «двоколісного трактора», проте вимагають високої кваліфікації оператора та значних фізичних зусиль при керуванні [2].

Тип двигуна є одним із ключових чинників, що визначають енергетичну ефективність і функціональну придатність мотоблока. Бензинові двигуни вирізняються простотою запуску, легкістю конструкції та зручністю при роботі на легких і середніх ґрунтах, але мають вищу питому витрату палива та нижчий крутний момент. Дизельні агрегати забезпечують високу тягу, стабільність роботи при тривалому навантаженні та нижчі паливні витрати на одиницю обробленої площі, але характеризуються складнішою паливною системою, підвищеним рівнем шуму й вимогливістю до якості пального. Ефективність використання того чи іншого типу двигуна залежить від інтенсивності експлуатації, структури ґрунтів та характеру робіт. До прикладу, легкі та середні бензинові мотоблоки ефективні у сезонних роботах, тоді як дизельні моделі доцільні на площах 1–4 гектари або при регулярному застосуванні активного навісного обладнання.

Універсальність мотоблоків визначається можливістю агрегування з широким спектром знарядь — ґрунтофрезами, плугами, культиваторами, боронами, картоплесаджалками, картоплекопачами, косарками, відвалами для снігу та транспортними причепами. Наявність валу відбору потужності значно розширює можливості агрегата, забезпечуючи привід активних робочих органів без зниження швидкості руху або тягових характеристик. Ефективність роботи навісного обладнання залежить від конструкції причіпного вузла, жорсткості рами, передаточного числа редуктора та відповідності ширини робочих органів масі та тяговому потенціалу мотоблока. Надто широка фреза або важке активне обладнання приєднане до легкого агрегата призводить до перевантаження двигуна, нестабільності руху та зниження якості обробітку [3].

Взаємодія мотоблока з ґрунтом визначається фізико-механічними властивостями останнього — щільністю, структурою, вологістю та опором обробітку. Чорноземи та важкі суглинки потребують застосування середніх або важких мотоблоків із достатньою масою для забезпечення стабільного проникнення робочих органів. Легкі моделі на таких ґрунтах не здатні забезпечити задану глибину обробітку без значного пробуксовування. На піщаних і супіщаних ґрунтах легкі та середні мотоблоки забезпечують якісний обробіток, проте потребують контролю швидкості руху, оскільки надмірні робочі швидкості спричиняють нерівномірність подрібнення ґрунту та надмірну зношуваність робочих органів. У випадку, надмірної вологості ґрунту відбувається налипання його на колеса і фрези. Таким чином збільшується тяговий опір і навантаження на редуктор, що суттєво знижує продуктивність роботи [4, 5].

Експлуатаційні особливості мотоблоків потребують належного технічного обслуговування, яке включає перевірку рівня мастила, очищення фільтрів, діагностику редуктора, контроль стану ременів і з'єднань, перевірку тиску в шинах та огляд паливної системи. Невиконання цих процедур призводить до зниження ефективності роботи агрегата, збільшення витрат палива, прискореного зношування деталей і підвищеного ризику аварійних ситуацій.

Зазвичай найчастіше несправності виникають у вузлах трансмісії — ременях, ланцюгах, підшипниках і сальниках, які працюють в умовах високих навантажень і потребують регулярної перевірки. Також двигуни бензинових моделей вразливі до збоїв у роботі карбюратора та системи запалення, тоді як дизельні двигуни чутливі до якості палива та стану форсунок.

Технологічна ефективність роботи мотоблока визначається не лише конструкційними параметрами, а й рівнем підготовки оператора. Правильне регулювання робочих органів, оптимальний вибір швидкості, контроль за траєкторією руху та уникнення перевантажень є ключовими передумовами стабільної й продуктивної роботи.

Окремого значення набувають ергономічні аспекти експлуатації. Високі вібраційні та шумові навантаження негативно впливають на працездатність оператора, спричиняючи втому та зниження продуктивності. У сучасних моделях передбачено застосування демпферних систем, антивібраційних рукояток і регульованих органів керування, що забезпечує зручність роботи та зменшує ризик перевтоми. Регулювання висоти та кута нахилу керма має важливе значення для пристосування агрегата до антропометричних особливостей оператора, що покращує керованість і знижує ризик травмування.

Висновок

Перспективність застосування мотоблоків у присадибних господарствах зумовлена їхньою економічною й технологічною доцільністю. Низькі витрати на придбання, універсальність використання, можливість виконувати широкий спектр робіт і відносно низькі витрати палива забезпечують швидку окупність техніки. Водночас економічна ефективність залежить від доступності комплектуючих, надійності конкретної моделі, інтенсивності експлуатації й рівня технічного обслуговування. В умовах дефіциту робочої сили, фрагментації земельних ділянок і зростання потреби в енергоощадних технологіях мотоблоки залишаються важливим елементом механізації малих господарств та інструментом підвищення продуктивності праці.

Список використаних джерел

1. Кириченко Р.В., Бакум М.В., Козаченко О.В., Пастухов В.І., Михайлов А.Д., Крекот М.М., Козій О.Б., Абдуєв М.М. Сільськогосподарські машини. Частина 1. Книга 2. Культиватори. Навчальний посібник. За редакцією Р.В. Кириченка і М.В. Бакума. Харків: ДБТУ. 2024. 338 с.

2. Оляднічук Р.В. Експлуатація машин і обладнання. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти рівня «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія»

освітньої програми «Агроінженерія». Умань: Уманський НУС 2020. 125 с.
<https://pmoapv.udau.edu.ua/assets/files/2021/lekci/emo-lz.pdf>

3. Падалка В. В., Бурлака О. А., Рожко І. І., Яценко Ю. В., Чумак М. В. Забезпечення тракторами суб'єктів господарювання у Полтавській області. Проблеми та перспективи. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 133–139. doi: 10.31210/spi2023.26.03.23

4. Ковальов О.В., Назар'ян Г.Н., Куценко Ю.М. Аналітичне визначення оптимальних експлуатаційних показників електрифікованого ґрунтообробного мотоблоку. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2011. Вип. 116. С. 108-111.

5. Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Захаров А. В., Гончаренко О. О. (2022). Модифікування реноваційних покриттів для підвищення зносостійкості культиваторних лап. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 4 (83). С. 37 – 42. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.4>

УДК 624.132.3

СТАН ТА ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ОБСЯГІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН ПРИЧІПНОЇ ТЕХНІКИ В АПК УКРАЇНИ

Кальченко М.С. здобувач ВО, кер. Науменко О.А.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У тезах проаналізовано стан та чинники формування обсягів зношування пневматичних шин причіпної сільськогосподарської техніки в Україні. Виконана кількісна оцінка утворення шинних відходів у цій групі техніки на основі систематизації типів причіпних машин, характеристики конструктивних та експлуатаційних особливостей шин та визначенні підходів до їх розрахункової оцінки.

У сучасному аграрному виробництві пневматичні шини є невіддільним елементом майже всієї причіпної техніки, що використовується як на полі, так і на дорогах. Основне призначення таких шин полягає у підтриманні ваги машини або її окремих вузлів, забезпеченні стабільного переміщення та зменшенні тиску на ґрунт. Для причіпних машин характерне застосування шин універсального типу з протектором, спроєктованим насамперед для високої вантажопідйомності та мінімального пошкодження верхнього горизонту ґрунту. Їхня роль у роботі техніки суттєва, адже від стану шин залежить точність виконання агротехнічних операцій, безпека руху та довговічність агрегатів.

Причіпна техніка в Україні охоплює транспортні причеми, бункери-накопичувачі, ґрунтообробні агрегати (борони, культиватори, глибокорозпушувачі), посівне обладнання, причіпні збиральні машини, прес-підбирачі та техніку для внесення добрив і обприскування. Шини в цих агрегатах виконують як транспортну, так і технологічну функцію: забезпечують переміщення, стабілізують робочі органи та витримують значні навантаження під час роботи в полі.

Структура парку причіпної техніки змінюється: застарілі машини вибувають через перевищений строк служби та зношення, натомість оновлення забезпечується сучасними імпортними й вітчизняними агрегатами. До 2022 року на ринку домінували бренди John Deere, Horsch, Amazone, Kverneland, Wielton, а українські виробники (Lozova Machinery, Elvorti) зміцнювали позиції через держпідтримку. Вплив війни спричинив різке зниження продажів, однак потреба в оновленні техніки сформувала нову структуру парку.

Метою роботи є кількісна оцінка утворення шинних відходів у цій групі техніки. **Завдання** дослідження полягають у систематизації типів причіпних машин, характеристиці конструктивних та експлуатаційних особливостей шин та визначенні підходів до їх розрахункової оцінки.

Для кількісної оцінки утворення шинних відходів було проаналізовано найбільш масові групи причіпної техніки: сівалки (66 тис. од.), борони (160 тис. од.), розкидачі добрив (21 тис. од.) та дощувальні машини (6 тис. од.). Для кожної категорії визначено середню кількість шин на агрегат і частку машин, що щороку вибувають з експлуатації. Кількість шин, які переходять у статус відходів, обчислювалася за залежністю:

$$N_{\text{шин}} = N_{\text{спис}} \times n_{\text{шин/од}},$$

де: $N_{\text{спис}}$ – кількість списаних машин відповідного типу,

$n_{\text{шин/од}}$ – середня кількість шин на одну машину.

Для переходу від кількості до маси використано середні значення маси однієї шини для кожної групи агрегатів. Маса шин, що утворюються при списанні певного виду причіпної техніки, визначалася за формулою:

$$M_{\text{шин}} = N_{\text{шин}} \times m_{\text{сер}},$$

де: $m_{\text{сер}}$ – середня маса однієї шини.

Розрахунки показали, що щороку списується понад 17 тис. одиниць проаналізованої техніки, що відповідає близько 33 тис. шин або 1,1–1,3 тис. тонн гуми. Це підтверджує вагомий внесок причіпних машин у формування шинних відходів АПК.

Незважаючи на значні обсяги утворення шинних відходів, рівень їх фактичної утилізації в Україні залишається критично низьким — близько 8 %. Для порівняння, у країнах ЄС цей показник становить приблизно 30 %, а в Японії перевищує 80 %. За таких умов близько половини відпрацьованих шин щороку накопичується у господарствах або на полігонах у вигляді невилученого залишку. Решта відходів, які не підлягають утилізації, часто потрапляє у спалювання чи на стихійні сміттєзвалища. Це означає, що реальна маса шин, яка зберігається в аграрному секторі, зростає значно швидше, ніж обсяги їх списання, що необхідно враховувати під час аналізу тенденцій та розроблення прогнозу розвитку ситуації. Водночас прогноз до 2030 року описує лише щорічний обсяг утворення нових відходів і не включає накопичений залишок, який формується через низький рівень утилізації.

Отримані результати дали змогу не лише визначити поточний обсяг шинних відходів, а й виконати прогноз до 2030 року. Для цього було використано модель експоненційного приросту:

$$N_{2030}=N_{2021}\times(1+k)^t$$

де: N_{2021} – кількість шин у базовому році, $k=0,02$ – середньорічний темп зростання (2 %), $t=9$ – тривалість прогнозного періоду.

За результатами розрахунків очікується, що до кінця прогнозного періоду утворення відпрацьованих шин від проаналізованих груп причіпної техніки може сягнути близько 40 тис. одиниць на рік, що відповідає приблизно 1,4–1,5 тис. тонн гуми. Це підкреслює необхідність завчасного планування системи збору та переробки шин у рамках агропромислового комплексу.



Рис. 1 - Динаміка щорічного списання, утилізації та накопичення шин причіпної техніки 2021–2030 рр.

Відпрацьовані пневматичні шини належать до небезпечних відходів IV класу, а їхнє зберігання, спалювання чи викидання у невстановлених місцях заборонене законодавством України. При контакті з ґрунтом, водою або під дією сонячного нагрівання такі відходи виділяють токсичні речовини, що становлять загрозу для довкілля та здоров'я людини. Відповідно до статті 82 Кодексу України про адміністративні правопорушення, за порушення вимог поводження з відходами передбачено штраф: для громадян - від 340 до 1360 грн, для посадових осіб - від 850 до 1750 грн. Спалювання шин класифікується як забруднення атмосферного повітря, що згідно зі статтями 241 та 245 Кримінального кодексу України карається штрафом у розмірі 30600–61200 грн.

У країнах ЄС вимоги до поводження з шинними відходами значно жорсткіші. Законодавче регулювання базується на Директиві 2008/98/ЄС, яка впроваджує принцип розширеної відповідальності виробника та визначає суворі санкції за порушення правил поводження з небезпечними відходами. Розміри

штрафів суттєво відрізняються між державами-членами, однак загалом коливаються від кількох сот до десятків тисяч євро залежно від характеру порушення та масштабу забруднення. В окремих країнах передбачені додаткові санкції: за незаконне скидання однієї шини штраф може становити приблизно 200–500 доларів, але сума не може перевищувати 6 тис. доларів за один випадок. Такий рівень відповідальності формує високі стандарти поведінки з відходами та ефективно запобігає їх неконтрольованому накопиченню. Таким чином, нормативні вимоги підкреслюють важливість організованого збору та утилізації шин і посилюють актуальність створення ефективної системи їх переробки.

Причини високих темпів утворення шинних відходів у причіпній техніці пов'язані не лише з її чисельністю, а й зі специфікою експлуатації. Постійне чергування завантажених і порожніх циклів, рух нерівним рельєфом, значні маси транспортних агрегатів, підвищена вологість під час польових робіт і ризики механічних пошкоджень пришвидшують зношення шин. Гумові елементи інтенсивно деградують при тривалому контакті з ультрафіолетом та перепадах температури, що характерно для техніки, яка зберігається на відкритому повітрі. До цього додається низька культура обліку й утилізації, відсутність централізованих систем збору та недостатня поінформованість багатьох господарств щодо екологічних вимог.

Отримані результати свідчать, що причіпна техніка формує один із найбільших потоків відпрацьованих шин в аграрному секторі. Ураховуючи структуру парку машин в Україні, реальна кількість шинних відходів може бути суттєво більшою, ніж показано на основі аналізованих груп. Оцінка обсягів утворення відходів є важливою передумовою для подальшого планування системи їх утилізації, вибору технологій переробки та визначення економічної доцільності впровадження таких рішень для конкретного регіону або господарства. Формування системного підходу до обліку та переробки шин причіпної техніки є необхідним кроком як для зменшення екологічного навантаження, так і для підвищення ефективності агропромислового комплексу України.

Список використаних джерел

1. Сільське господарство України – 2021 : статистичний збірник / Державна служба статистики України. – Київ : Держстат, 2022. – 274 с.
URL: <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2023-07/Статистичний%20збірник%20«Сільське%20господарство%20України»%202021%20рік%20.pdf>
2. Про управління відходами : Закон України № 2320-IX від 20 черв. 2022 р. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20>
3. Науменко О. А Біловод О. І Тарасенко Д. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ УТИЛІЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ АПК Нові технології і обладнання харчових та переробних виробництв: Матеріали I Всеукр. наук.-практ. інтернетконференції (Полтава, 19-20 квітня 2023 р.) / ПДАУ
4. Аналіз щорічного списання комбайнів в АПК .В. В. Гуримський ; наук. керівник О. А. Науменко // Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті : матеріали XX Міжнар. форуму молоді, 4-5 квіт. 2024 р. - Харків : ДБТУ, 2024. - С. 115

УДК 631.3 - 52

ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТОБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ЗМІНІ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЗАСОБУ

Пушкаренко О.Ю. аспірант, Артьомов М.П. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є експериментальне визначення впливу технічного стану енергетичного засобу (ЕЗ) на зміну потужності та сили тяги мобільного енергетичного засобу при порушенні подачі палива до форсунок двигуна.

При виборі та оцінці раціонального енергетичного балансу машинно-тракторного агрегату (МТА) необхідно знати та враховувати енергетичні показники тракторів та агрегованих з ними сільськогосподарських машин. Серед основних технологічних вимог, що пред'являються до машинно-тракторних агрегатів можна виразити наступними узагальненими показниками: продуктивністю і агротехнічною якістю виконуваної операції при низькій питомій собівартості робіт. [1]

При визначенні енергетичних характеристик МТА визначають сили, що діють на знаряддя та машини, розрахункові робочі швидкості та необхідну тягову потужність енергетичного засобу.

Поведінку агрегату, його функціонування під час виконання технологічних операцій в нормальних умовах експлуатації, дозволили описати за допомогою розроблених раніше теоретичних методів і засобів експериментальних досліджень руху МТА. [2]

$$P_{\text{ГЛК}} = P_{\text{д}} - m_{\text{т}} \cdot g \cdot f, \quad (1)$$

$P_{\text{д}}$ - сумарне тягове зусилля на ведучих колесах трактора;

$m_{\text{т}}$ - загальна маса трактора;

g - прискорення вільного падіння;

f - коефіцієнт опору коченню коліс.

Дотична сила тяги РД витрачається на подолання сил опору та виконання корисної роботи

$$P_{\text{д}} = P_{\text{о}} = \frac{N_{\text{ОКР}}}{V} = \frac{M_{\text{к}}}{r_{\text{к}}} = P_{\text{г}} + P_{\text{ф}} + P_{\text{с}}. \quad (2)$$

Вираз для дотичної сили тяги можна отримати, знаючи, що між потужністю N , моментом, що крутить, M і частотою обертання n в хвилину існує залежність

$$M = 10^4 \cdot \frac{N}{n}, \quad (3)$$

тоді вираз для дотичної сили, кН має вигляд

$$P_d = \frac{10^4 N_e \eta_{tr} i_{tr}}{r_k n} \quad (4)$$

де N_e - ефективна потужність двигуна, кВт; η_{tr} - ККД трансмісії; i_{tr} - загальна передатне число трансмісії.

Максимальне значення крЮкового зусилля можна отримати (за інших рівних умов) у разі реалізації максимальної ефективної потужності двигуна.

Дотична сила тяги передається через деталі рушія остов трактора і є його рушійною силою. Для забезпечення руху трактора РД має бути більшою або дорівнює сумі всіх сил опору руху агрегату. В загальному випадку рівняння руху мобільних агрегатів будуть нелінійними і це значно ускладнює завдання контролю тягово-енергетичних показників в процесі роботи мобільних енергетичних агрегатів при виконанні агротехнічних операцій, на забезпечення якості виконання агротехнічних операцій. Для проведення теоретичних досліджень необхідно провести аналіз агрегату і скласти рівняння динаміки руху, яке відобразить основні впливи на його роботу[3]

$$m_t \dot{V}_t = P'_k - \frac{M_{tr}^{ст} - M_{tr}^{кин} - M_{tr}^{дин}}{r_d} - m_t g f - P_\Gamma, \quad (5)$$

P'_k - ідеальне сумарне тягове зусилля на ведучих колесах трактора, яке було б реалізовано за відсутності дисипативних втрат у трансмісії,

$M_{tr}^{ст}$, $M_{tr}^{кин}$ - моменти сухого и в'язкого тертя в трансмісії, приведені до ведучих коліс;

$M_{tr}^{дин}$ - приведений до ведучих коліс інерційний момент в трансмісії;

r_d - динамічний радіус колеса.

Розділивши ліву та праву частини рівняння (5) на загальну масу трактора, отримаємо рівняння парціальних прискорень

$$\dot{V}_t = \frac{P'_k}{m_t} - \frac{M_{tr}^{ст} - M_{tr}^{кин} - M_{tr}^{дин}}{m_t r_d} - g f - \frac{P_\Gamma}{m_t}. \quad (6)$$

При проведенні експериментальних досліджень з використанням реєстраційно-вимірювального комплексу, що забезпечує реєстрацію і обробку поздовжніх лінійних прискорень та швидкостей трактора, в реальному часі. Через визначення парціальних прискорень можна здійснити контроль зміни динаміки навантажень при зміні технічного стану енергозасобу.

За допомогою отриманих результатів, була розрахована сила тяги трактора P_{p1} в номінальному режимі роботи двигуна і проведено порівняння із даними сили тяги P_{p2} , отриманими у випадку несправності як функцій часу.

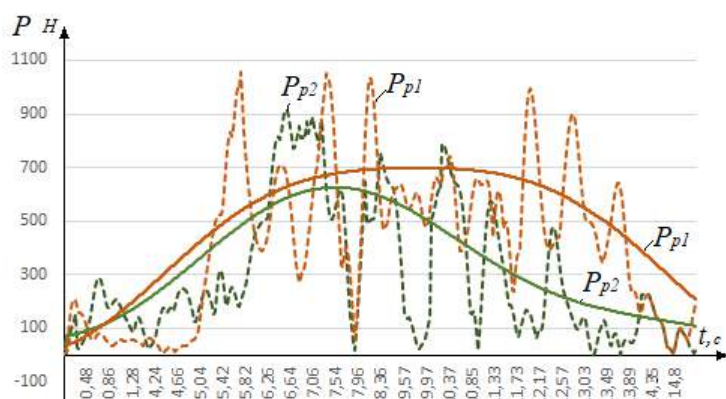


Рисунок 1. Порівняння розрахованої сили тяги P_{p1} – справний двигун МТА і P_{p2} - несправна форсунка. [4]

Розраховані P_p , за запропонованим методом моделювання парціальних прискорень. Побудовані графіки підтверджують теоретично обґрунтовані коливання сили тяги трактора через коливання сил опору упродовж експерименту. Аналіз проведених розрахунків і побудованих за їх результатами графіків довів можливість ефективного контролю силових характеристик трактора у складі МСА при несталому режимі роботи. Вихід з ладу форсунки зменшив силу тяги трактора при випробуваннях на 11%.

Висновок

На основі аналізу проведених вимірювань робимо висновок про те, що у випадку відключення однієї форсунки двигуна, прискорення агрегату відбувається повільніше і за величиною на 27% менше, що також впливає на потужність двигуна. Відповідно зменшилась і сила тяги на 11% трактора в процесі виходу з ладу форсунки.

Список використаних джерел

1. Погорілий Л.В. Мобільна сільськогосподарська енергетика: історія, тенденції розвитку, прогноз / Л.В. Погорілий, В.Г. Євтенко. – К.: Фенікс. 2005. – 184 с.
2. Артёмов М.П. Математична модель машинно-тракторного агрегату з використанням метода парціальних прискорень / М.П. Артёмов // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця, 2012. Випуск 11 т.1(65) – С.34 – 40.
3. Артёмов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів: Автореф. дис. доктора техн. наук: 05.05.11 / Артёмов Микола Прокопович; Харківський національний технічний ун-т сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків., 2014. – 44 с.
4. М.П. Артёмов, А.Т. Лебедев, О.В. Кот Щодо залежності тягової динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів від технічного стану / Інженерія природокористування, № 2(2) 2014 С.9 – 14.

УДК: 631.147:620.9(477)

ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІЩЕННЯ

**Скляр О.Г., к.т.н., професор, Кюрчев В.М., д.т.н., професор,
Голубєв Р.М., аспірант**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра
Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до використання дизельного пального в сільському господарстві України з урахуванням енергетичних, економічних та екологічних аспектів. Проаналізовано структуру енергоспоживання аграрного сектору, ефективність роботи дизельних двигунів та потенціал підвищення паливної економічності за допомогою модернізованих технологій, зокрема систем точного землеробства та GPS-моніторингу. Узагальнено дані щодо впливу викидів дизельної техніки на довкілля та можливостей їх зменшення через часткове або повне заміщення традиційного пального біодизелем, біометаном, електротягою та водневими технологіями.

Вступ

Сільське господарство України залишається одним із ключових споживачів енергоресурсів, серед яких домінує дизельне паливо. У структурі паливно-енергетичних витрат аграрного сектору його частка перевищує 65%, що зумовлено широким використанням дизельних двигунів у сільськогосподарській техніці. Нестабільність цін на нафту, зростання вартості імпортного пального та екологічні вимоги ЄС стимулюють пошук шляхів підвищення енергоефективності й заміщення дизеля відновлюваними ресурсами. У цьому контексті важливо проаналізувати не лише економічні, але й екологічні аспекти його використання.

Енергетичні та технологічні аспекти використання

Дизельне паливо характеризується високою енергетичною щільністю (36–38 МДж/л), що забезпечує значну автономність машин і високу тягову потужність. Проте коефіцієнт корисного використання енергії (ККД) дизельних двигунів у сільському господарстві коливається в межах 30–40%, що означає значні втрати енергії у вигляді тепла. Модернізація двигунів, використання систем впорскування Common Rail, а також регулярне технічне обслуговування дозволяють підвищити паливну ефективність до 45%.

Структура енергоспоживання в аграрному секторі України (2023 р)



Рисунок 1. Структура енергоспоживання в аграрному секторі України (2023 р.)

Економічна ефективність

Витрати на дизельне паливо становлять одну з найвагоміших статей собівартості механізованих робіт – до 40%. Підприємства, які впроваджують точне землеробство, автоматизований контроль руху техніки, а також методи No-Till, фіксують скорочення витрат пального на 15–25%. Окупність інвестицій у системи GPS-моніторингу становить 1,5–2 роки, що підтверджує економічну доцільність впровадження таких технологій.

Динаміка середньої вартості дизельного пального в Україні (2018–2025 рр.)

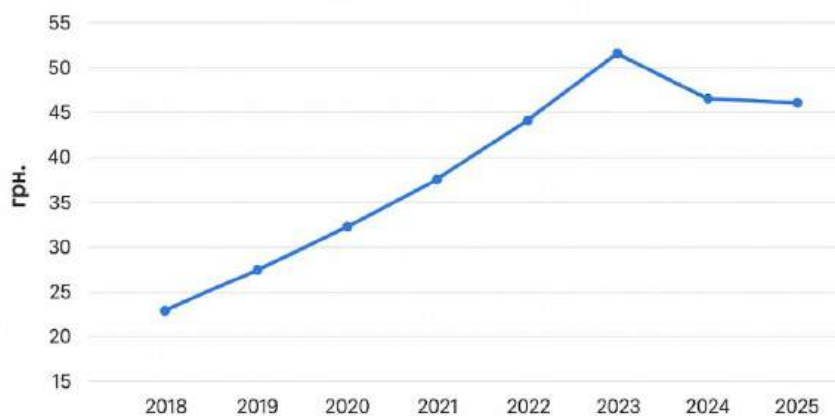


Рисунок 2. Динаміка середньої вартості пального в Україні (2018-2025рр.)

Екологічні наслідки використання

Залежність від дизеля має і значні екологічні наслідки. Спалювання 1 літра дизельного пального утворює приблизно 2,68 кг CO₂, а також значні кількості NO_x та PM_{2.5}. Викиди від сільськогосподарської техніки формують до 8–10% загального

обсягу викидів парникових газів у секторі економіки «Енергетика». Перехід на біодизель (B20 або B50) дозволяє скоротити викиди CO₂ на 10–35%, а використання чистого B100 — до 70%.

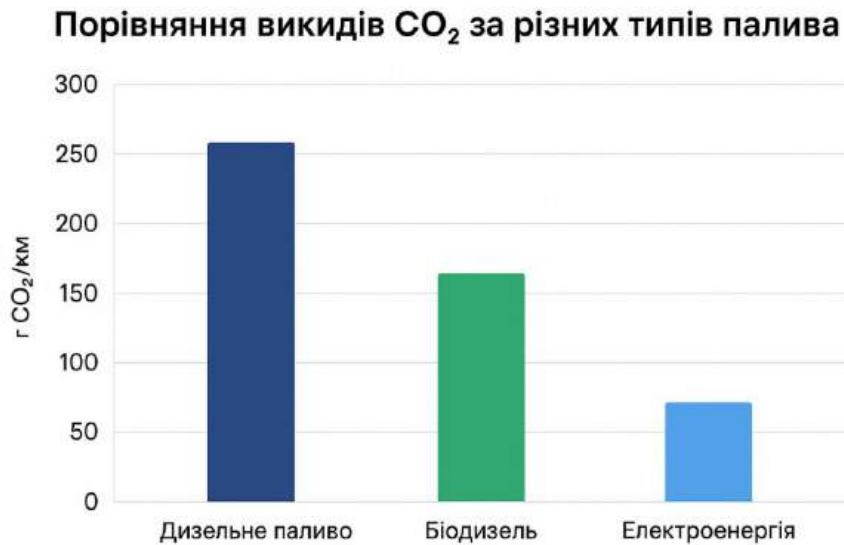


Рисунок 3. Порівняння викидів CO₂ за різних типів пального

Перспективи заміщення дизельного пального

Заміщення дизельного пального в аграрному секторі України є стратегічним напрямом підвищення енергетичної безпеки та зниження залежності від імпортованих нафтопродуктів. За оцінками аналітиків, Україна володіє потенціалом виробництва до 400 тис. т біодизеля на рік, що, за оптимістичними прогнозами, дозволить замінити приблизно 15% поточного обсягу споживання дизельного пального в сільському господарстві.

Сировинна база для виробництва біодизеля

Основними культурами для виробництва біодизеля в Україні є:

- ріпак — займає понад 1 млн га посівних площ і є найпридатнішою культурою за виходом олії;
- соняшник — традиційна олійна культура, перспективна для виробництва біодизеля другого покоління;
- соєві боби — зростаючий ресурс для переробки;
- використані харчові олії (UCO) — екологічно безпечна та економічно ефективна сировина, що широко використовується у країнах ЄС.

Перехід на модель виробництва біопалива з використаних жирів і олій дозволяє скоротити викиди CO₂ до 80–90%, а собівартість такого біодизеля на 20–30% нижча, ніж з рослинних олій.

Необхідні умови державної підтримки

Для масштабного розвитку ринку альтернативних палив необхідне формування комплексної політики, що включає:

- податкові стимули (звільнення від акцизу, ПДВ для виробників біопалива);

- квоти на змішування (встановлення обов'язкової частки біокомпонентів у дизельному пальному, наприклад B10–B20);
- гарантований збут для виробників через державні програми та держзамовлення;
- інвестиції у переробну інфраструктуру, включно зі створенням регіональних біопаливних хабів;
- гармонізацію стандартів якості з вимогами ЄС (EN 14214), що забезпечить експортну привабливість українського біодизеля.

Реалізація подібних інструментів дозволить забезпечити стабільність ринку та мінімізувати ризики для інвесторів.

Електрифікація сільськогосподарської техніки

Електрифікація агросектору розглядається як перспективний напрям для зниження залежності від викопних палив. На світовому ринку вже з'явилися серійні електротрактори потужністю до 100 к.с.

Основні переваги електротехніки:

- зниження експлуатаційних витрат на 40–60%;
- низькі викиди CO₂ при використанні електроенергії з ВДЕ;
- спрощене технічне обслуговування завдяки меншій кількості рухомих частин.

В Україні електрифікація потребує:

- розвитку зарядної інфраструктури;
- стимулів для аграріїв у формі грантів чи компенсацій вартості акумуляторної техніки;
- розширення виробництва електроенергії з ВДЕ (сонячні та вітрові ферми на базі агропідприємств).

Біогаз і біометан як замітники дизельного пального

Україна має потужний потенціал виробництва біогазу та біометану, особливо у регіонах з великим тваринницьким та переробним комплексом. Біометан може повністю замінити дизель у сільськогосподарській техніці за умови наявності:

- двигунів на метані або гібридних модифікацій;
- мережі газозаправних станцій (CNG/biomethane).

Переваги біометану:

- зниження викидів парникових газів до 75%;
- утилізація відходів агровиробництва;
- можливість експорту до ЄС через існуючу ГТС.

Потенціал виробництва біометану в Україні оцінюється у до 8 млрд м³ на рік, що значно перевищує потреби агросектору.

Водневі технології у довгостроковій перспективі

Водневі технології розглядаються як перспективний напрям розвитку важкої сільськогосподарської техніки, що працює з великими навантаженнями. Переваги водню:

- висока енергетична щільність;
- нульові викиди (водяна пара);

- можливість швидкого заправлення.

Основні бар'єри:

- висока собівартість виробництва «зеленого» водню;
- недостатня кількість водневих заправних станцій;
- відсутність серійних моделей тракторів та комбайнів на водні.

Розвиток водневої інфраструктури може стати актуальним після 2030 року, у рамках інтеграції України до європейського ринку водневої енергетики.

Комплексна оцінка потенціалу заміщення до 2030 року

За умови активної державної політики та інвестицій, реалістичний потенціал заміщення дизеля в агросекторі України до 2030 року може становити:

- біодизель — 10–15%,
- біометан — 5–8%,
- електрифікація — 3–5%,
- водневі технології — до 2% (пілотні проєкти).

Сумарно це дозволить скоротити використання дизельного пального в сільському господарстві на 20–30%, що матиме суттєвий вплив на енергетичну незалежність та екологічний стан країни.

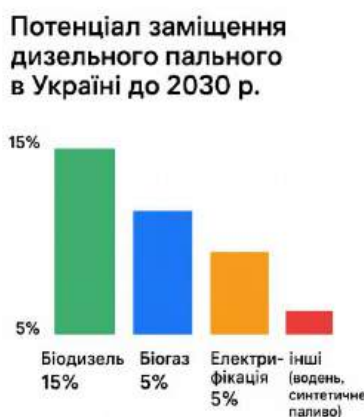


Рисунок 4. Потенціал заміщення дизельного пального в Україні до 2030р.

Висновки:

1. Дизельне пальне залишається базовим енергоресурсом сільського господарства, однак його екологічні та економічні обмеження стимулюють пошук альтернатив.

2. Оптимізація витрат пального через сучасні технології управління технікою може забезпечити зменшення споживання на 15–20%.

3. Біодизель із вітчизняної сировини є реалістичною альтернативою, що одночасно сприяє енергетичній незалежності та розвитку ринку олійних культур.

4. У середньо- та довгостроковій перспективі розвиток електротяги, біометану та водневих систем дозволить знизити вуглецевий слід аграрного виробництва.

Список використаних джерел.

1. Бардась В. П., Коваленко О. В. Паливно-енергетичні ресурси в аграрному виробництві: сучасний стан та перспективи. *Економіка АПК*, 2021, № 5, с. 35–43.
2. Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Дроздова О. І. Перспективи виробництва та використання біодизеля в Україні. *Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України № 30*, 2020. 28 с.
3. Скляр О.Г. Покращення експлуатаційних показників дизельного пального шляхом модифікації його складу. – Харків: ДБТУ, 2025.
4. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Структура енергоспоживання агропромислового комплексу України у 2023 році: статистичний огляд. Київ: Мінагрополітики, 2024.
5. Держенергоефективності України. Потенціал виробництва біометану та біодизеля в Україні. Київ, 2023. 42 с.
6. Асоціація "Українська біогазова асоціація". Потенціал виробництва біометану в Україні: аналітичний огляд, 2024. 36 с.
7. Пастухов В. М., Семенов М. Ю. Енергоефективність дизельних двигунів у сільському господарстві. *Техніка і технології АПК*, 2020, № 4, с. 22–29.

Секція 4

**МЕХАТРОНІКА, БЕЗПЕКА
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА
УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ**

УДК 664.1;681.5

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИПАРЮВАННЯ СОКУ В БВУ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Ляшенко С.О., д.т.н., професор; Фесенко А.М., ст. викладачка;
Кісь М.В. магістр

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У тезах розглянуто питання щодо ефективного використання моделей у системі керування технологічним процесом випарювання на цукровому заводі. Запропоновано моделі, побудовані на основі фізичних процесів випарювання. Враховано критерії ефективності при оптимізації процесу випарювання.

Для застосування нейромережевих підходів щодо оптимізації режимів роботи багатокорпусної випарної установки (БВУ) необхідно розглянути теоретичні основи процесу випарювання. Важливою складовою ТП є те, що при випарюванні здійснюються як теплові, так і масообмінні процеси. В інших відділеннях заводу, в основному, використовуються лише теплові процеси. Це склалося через те, що випарювання здійснюється, як при температурі кипіння розчину, так і при нижчих температурах в БВУ. Тому на певних етапах визначення оптимальних режимів випарювання розглядаються процеси тепло- та масообміну. Така фізико-хімічна особливість процесу випарювання призводить до складнощів при визначенні оптимальних режимів роботи БВУ за допомогою стандартних підходів. Ефективне керування ТП випарювання соку повинно базуватися на математичних моделях, які можуть адекватно відображати цей процес [1, 2].

Метою доповіді є визначення тепло- та масотехнічних складових процесу випарювання та застосування нейромережевих підходів при побудові моделей в системі керування ТП випарювання для БВУ.

У зв'язку з тим, що керування оптимізаційним процесом випарювання соку залежить від якості продукції та показників енергозбереження, необхідно враховувати такі показники, як температури пари та розчину, (які, в свою чергу, пов'язана з кількістю пари), що і є енергетичною складовою роботи БВУ і цукрового заводу в цілому. Тому, спираючись на ці показники, можна відмітити, що при моделюванні ТП випарювання необхідно розглядати процеси залежності температури розчину в БВУ, а також і температури та тиску пари, що подається у випарну установку, за рівнянням стану насиченої пари. При розгляді процесу випарювання пари необхідно використовувати підходи на основі параметрів для оптимального режиму випарювання. Існують наступні основні підходи для аналізу цих залежностей при випарюванні:

1. Табличні та графічні дані. Наприклад, для насиченої водяної пари залежність між температурою та тиском можна знайти за таблицями фізичних процесів. Також існують відповідні графіки (діаграми T-s, P-h).

2. Емпіричні рівняння. Аналітична формула, яка базується на використанні

рівняння Клапейрона-Клаузіуса, де використовуються показники фазового переходу.

3. Спрощена апроксимація для водяної пари. Для водяної пари використовується спрощене експоненційне рівняння, де застосовується стандартний тиск, газова стала водяної пари та теплота пароутворення.

4. Онлайн-калькулятори та програмні засоби. Для точних розрахунків використовують програмні засоби (REFPROP, CoolProp, MATLAB, EES) [2, 3].

У зв'язку з тим, що процес випарювання має динамічний характер, і зміна одних показників приводить до зміни і керуючих показників, виникають потреби в обмеженні значень показників ТП випарювання. Наведені підходи, що використовують при побудові моделей ТП випарювання, мають значний ряд недоліків. Крім того, такі критерії ефективності ТП випарювання, як якість продукції, витрата розчину та пари, залежать один від одного. Відповідно, і використання табличних, графічних даних, а також використання емпіричних та апроксимацій не можна використовувати в динамічних об'єктах, яким є процес випарювання. Отже, і при визначенні складових процесу випарювання, виникають складнощі і при керуванні ТП випарювання, а також при виборі математичної моделі, що характеризує динаміку процесу, яка присутня при кількісних та якісних змінах в процесі випарювання [3].

Висновок

Враховуючи всі наведені складнощі при побудові математичних моделей на основі нейромережових підходів, для розрахунку будь-якої системи має надаватись математичний опис фізичних процесів. При цьому в системі можуть бути попередньо виділені прості підсистеми або елементи відповідно до їх функціонального призначення. Іноді більш доцільним є поділ не за функціональною ознакою елементів, а за фізичними процесами.

Список використаних джерел

1. Ковриго Ю.М., Степанець О.В., Боган Т.Г., Бунке О.С. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізацій «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 155 с.

2. EL Hamidi, Khadija & Mjahed, Mostafa & Elkari, Abdeljalil & Ayad, Hassan. (2020). Adaptive Control Using Neural Networks and Approximate Models for Nonlinear Dynamic Systems. *Modelling and Simulation in Engineering*. 2020. 10.1155/2020/8642915.

3. Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Ляшенко О.С., Кісь О.В. Обґрунтування застосування показників якості в енерго- та екологічно ефективних АСУ цукрового виробництва. *Інженерія природокористування: науковий журнал*, 2019, №4(14), Харків, 2019. С. 47-56.

УДК 631.3:004.67

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕЧНОГО УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ТЕХНІКОЮ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ВОДІЇВ

Євланов М.Е. д.т.н., професор

Харківський національний університет радіоелектроніки

Антощенко Р.В. д.т.н., професор; Галич І.В., к.т.н., доцент,

Черепньов І.А., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

За оцінками Міжнародної організації праці (МОП), щороку близько трьох мільйонів людей у всьому світі помирають від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. Ще 395 мільйонів працівників зазнають не смертельних травм, особливо в небезпечних галузях промисловості, таких як сільське господарство та будівництво [1]. В Україні, у середньому на 100000 працівників щороку припадає приблизно 11 загиблих. Проблема травматизму в АПК носить транснаціональний характер: щороку припадає приблизно 11 загиблих [2]. За даними, наведеними в [3] Агропромисловий комплекс (АПК) України займає друге місце в списку видів діяльності за кількістю потерпілих зі смертельними наслідками на момент 29.08.2023 і поступається лише соціально-культурній сфері, відповідно: 27,2 і 16,7%. У свою чергу, на травмування водіїв припадає 16,4%, різноробочих—10,4, бригадирів і техніків-механіків — відповідно по 3,0 і інших професій і спеціальностей 10,4%. Більше всього нещасних випадків відбувається із-за технічної несправності різної мобільної техніки і устаткування [4]. Проблема травматизму в АПК носить транснаціональний характер. У країнах ЄС середній рівень смертності становить 13 смертей на 100 000 сільськогосподарських працівників. Аналогічна ситуація склалася і в США, де був зафіксований середній показник в 22 випадки смерті на 100 000 працівників. Особливу небезпеку становлять інциденти з сільськогосподарською технікою. Згідно зі статистичними даними по Італії, трактори є основною причиною травм і нещасних випадків зі смертельними наслідками [5]. В [6] вказані три основні причини аварій за участю сільськогосподарських тракторів, а саме: водій сільськогосподарського трактора; сам трактор та навколишнє середовище (робоче місце). Таким чином, основним є людський фактор, який носить суб'єктивний характер і найбільш важко піддається зовнішньому коригуванню. Як зазначено у цитованій вище роботі: трактори цілком безпечні при правильній експлуатації, але при неправильному використанні вони можуть призвести до серйозних травм і навіть смерті. Поліпшення конструкцій сільськогосподарської техніки та обладнання дозволяють підвищити ефективність її експлуатації. Однак кількість травм, пов'язаних з тракторами, залишається високою - 213 випадків з 1999 по 2019

рік... Незважаючи на всі зусилля, випадки, пов'язані з тракторами, трапляються часто, що вказує на необхідність вивчення різних підходів до боротьби з травмами, пов'язаними з тракторами. [7].

Одним з таких підходів є запропонований у [7] та [8] фреймворк Risk Evolution, Detection, Evaluation, and Control of Accidents (REDECA). Цей фреймворк розроблено для теоретичного обґрунтування того, як методи штучного інтелекту можуть передбачувати та контролювати ризик впливу у безпосередньому оточенні робітника. У REDECA виділено три основних компонента [7]:

а) стани, в яких можуть знаходитися робітники (R1 – стан, в якому робітник має мінімальний ризик впливу або такий ризик відсутній; R2 – стан, в якому існує вплив небезпеки та підвищений ризик травмування робітника; R3 – стан, який вказує на шкідливу подію, що пов'язана із роботою працівника);

б) засоби моніторингу переходів від стану R1 до несприятливих станів (технології, які прогнозують ймовірність переходу між станами або виявляють існуючі переходи між станами);

в) стратегії втручання для забезпечення безпеки працівників або зменшення впливу несприятливої події.

Але REDECA як фреймворк має достатньо недоліків, які обмежують його прикладне використання в дослідженнях та прикладних роботах зі створення систем і технологій мінімізації травматизму персоналу, який взаємодіє із тракторами або іншими засобами сільськогосподарської техніки. Серед цих недоліків особливо слід відзначити:

- концептуальну природу фреймворка, яка обмежує його прикладне використання;

- орієнтація фреймворка виключно на декларативний опис ситуацій і технологій моніторингу переходів між цими ситуаціями (зокрема, поза межами REDECA залишаються процеси вибору таких технологій);

- наявність тільки одного проміжного стану R2, що зменшує можливості попередження переходів між термінальними станами R1 та R3.

Тому використання REDECA в тому варіанті, який запропоновано у [7] та [8], дає можливість лише впорядкувати діяльність команди аналітиків, які в рамках мозкового штурму обговорюють склад спеціалізованої ризик-орієнтованої системи безпечного управління сільськогосподарською технікою і, зокрема, тракторами. Такою системою слід вважати взаємопов'язану множину елементів, спрямованих на мінімізацію впливу «ефекту невизначеності» на об'єкт управління [9]. Крім того, така система дозволить збільшити можливості, які можуть виникнути перед сільськогосподарською технікою та її операторами (водіями та обслуговуючим персоналом) через управління контрольованими ризиками цієї техніки. Під можливістю слід розуміти нагоду, яка може виникнути, коли організація бере на себе контрольований ризик [9].

Слід зазначити, що головною перешкодою на шляху розвитку ризик-орієнтованого підходу слід визнати відсутність конкретних рекомендацій щодо структури, змісту та принципів побудови системи управління ризиками.

Використання фреймворку REDECA дає змогу встановити головні принципи побудови архітектури спеціалізованої ризик-орієнтованої системи безпечного управління сільськогосподарською технікою. Але для переходу від концептуального опису архітектури такої системи на основі REDECA до проєктування цієї системи слід провести значний обсяг досліджень за такими напрямками:

а) розробка математичної моделі ризикових станів сільськогосподарської техніки та переходів між цими станами;

б) визначення мінімально необхідного комплексу технічних засобів збирання даних та інформації щодо поточного стану об'єкту управління та виявлення попередніх ознак наявності переходу між станами;

в) вирішення задачі кластеризації для виявлення сукупності проміжних станів між базовими станами R1, R2 та R3;

г) розробка методів та алгоритмів штучного інтелекту для виявлення аномалій та нових режимів роботи сільськогосподарської техніки, які пов'язані із переходами між базовими станами R1, R2 та R3, а також між базовими та проміжними станами.

Список використаних джерел

1. Engineering Safer Workplaces: Global trends in occupational safety and health. Lloyd's Register Foundation: веб-сайт. URL: <https://www.lrfoundation.org.uk/publications/engineering-safer-workplaces-global-trends-in-occupational-safety-and-health> (дата звернення: 09.11. 2025).

2. Дідур К. М., Дмитрюк С.П. Економічні наслідки виробничого травматизму. Агросвіт. 2023. № 9-10. С.96-105. doi: 10.32702/2306-6792.2023.9-10.96.

3. Аналіз травматизму та загибелі людей через порушення вимог безпеки в Україні / А. С. Беліков та ін. Український журнал будівництва та архітектури. 2023. №5. С. 55-64.
doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.55.993.

4. Годяєв С.Г., Дмитрюк С.П. Аналіз технічних причин травматизму в аграрно-промисловому комплексі України. The scientific heritage. 2021. №79. С. 15-19.

5. Cutini M., Forte G., Maietta M. and all. Safety-Critical Manuals for Agricultural Tractor Drivers: A Method to Improve Their Usability. Agriculture. 2017. Vol.7, №8: 67. doi.org/10.3390/agriculture7080067.

6. Abubakar M., Ahmad D., Akande F. A Review of Farm Tractor Overturning Accidents and Safety. Pertanika J. Sci. & Technol. 2010. Vol. 18, № 2. P. 377 – 385.

7. Ashrafi N., Alaei K., Placencia G. and all. Application of REDECA Framework to Improve Safety and Health of Agricultural Tractor Drivers. URL: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2024.07.10.24310227v1> (дата звернення: 07.11. 2025).

8. Negin Ashrafi N., Yousefi S., Roger Aby G. and all. AI-driven solutions to improve safety and health: Application of the REDECA framework for agricultural tractor drivers. PLOS Global Public Health. 2025. Vol. 5, №6. e0003543. doi.org/10.1371/journal.pgph.0003543

9. Грайчен Ф. Ризик-орієнтований підхід в ISO 9001. DQS: веб-сайт.URL: <https://www.dqsglobal.com/uk/doslidzhujte/blog/rizik-orientovaniy-pidhid-v-iso-9001> (дата звернення: 21.11 2025).

УДК 664.1;681.5

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ БПЛА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБІТ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**Ляшенко С.О., д.т.н., професор; Фесенко А.М., ст. викладачка;
Кісь В.М., к.т.н., доцент, Кісь М.В., магістр**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У тезах розглянуто питання підвищення ефективності використання БПЛА для виконання різних сільськогосподарських робіт. Визначено перспективи застосування інтелектуальних підходів у системі управління БПЛА, побудованих на основі штучних нейронних мереж. Обґрунтована ефективність використання гібридної архітектури RCNN+LSTM для виявлення та прогнозування траєкторій безпілотних літальних апаратів.

Вступ. Підвищення ефективності управлінських рішень, а також підвищення рівня знань та доступу до інформації пов'язане з можливістю штучного інтелекту (ШІ) зокрема надавати більш точні прогнози щодо врожайності цінним та ринковим ризикам та ін. Застосування технологій ШІ сприяє розширенню можливостей людини на робочому місці, а в деяких випадках ШІ стає її заміною при виконанні таких функцій, як керування автомобілем (комбайном, трактором). Технології ШІ мають значний потенціал для оптимізації виробництва продуктів харчування за допомогою аналізу умов ведення робіт у конкретних регіонах та визначення того, що необхідно зробити для підвищення врожайності у кожному з них. Застосування цих технологій дозволяє виявити нові закономірності у тваринному та рослинному світі. Найчастіше ці технології будуються на основі машинного навчання та використання великих баз даних, нейронних мереж та інших [1, 2].

Існують такі типи інформаційних технологій, що використовуються в сільському господарстві: технології точного сільського господарства; технології прогнозування врожайності сільськогосподарських культур та проведення моніторингу стану полів у режимі реального часу; обробка полів проти шкідників та бур'янів БПЛА; інформаційні технології прийняття управлінських рішень у сільському господарстві.

У сучасному світі, де технології розвиваються надзвичайними темпами, їх використання стає все більш важливим. Одним з таких рішень є розробка нових ефективних методів виявлення та прогнозування траєкторій БПЛА, які використовуються в сільськогосподарському виробництві.

Більшість методів прогнозування поведінки динамічних систем базуються на використанні інформації про параметри математичних моделей та властивості

середовища. Однак відсутність такої апіорної інформації призводить до неефективності використання традиційних параметричних методів, а часто й до їх непрацездатності. За цих умов найефективнішим підходом є використання сучасних методів обчислювань інтелекту, зокрема нейромережових підходів. Предметом дослідження є підхід з використанням нейронної мережі навчання, спеціально розробленої для прогнозування траєкторії польоту безпілотного літального апарату (БПЛА) [1-3].

Метою роботи є підвищення точності прогнозування траєкторії польоту БПЛА шляхом розробки моделі прогнозування траєкторії на основі нейромережових технологій у системі управління.

Завдання дослідження полягало у зборі та підготовці набору відео- та фото матеріалів для навчання нейронної мережі, розробці, дослідженні та впровадженні моделі, побудованої на використанні нейромережових підходів для прогнозування траєкторії та покращення прогнозування траєкторії польоту БПЛА шляхом оптимізації та валідації отриманої моделі. Використовувалися методи створення синтетичного набору даних за допомогою інструменту 3D-моделювання Blender, який полегшив генерацію анімації із відображенням різних сценаріїв польоту БПЛА. Розглянуті варіанти включають різні умови навколишнього середовища та міські ландшафти, забезпечуючи надійний тренувальний майданчик для нейронної мережі. Для подальшого вдосконалення та тестування прогностичних можливостей моделі були використані реальні дані, зокрема відеоматеріали, що відображують умови навколишнього середовища. Архітектура нейронної мережі включає блоки довготривалої короткочасної пам'яті (LSTM), які вміють обробляти послідовні дані, що робить їх ідеальними для прогнозування динамічних траєкторій руху БПЛА. Процес навчання включав кілька етапів, починаючи з попереднього навчання, а потім налаштування на специфічні для БПЛА рухи та траєкторії.

У цій роботі описано розробку та реалізацію моделі, побудованої з використанням нейромережового підходу до навчання для прогнозування траєкторії польоту з використанням RCNN навчання та прогнозних LSTM. Основну концепцію наступних кроків можна описати таким чином:

- Дослідження було розділено на роботу з нейронною мережею розпізнавання RCNN, створення набору даних для неї, пошук рідкісних знімків з БПЛА за різних умов та використання програмного забезпечення для створення штучного набору даних для розширення та диверсифікації обсягу даних, на яких навчається нейронна мережа, і відповідно, ШІ буде краще підготовлений та зможе легко впоратися з обробкою отриманих даних.

- При проектуванні розрахункової траєкторії польоту БПЛА було використано нейронну мережу LSTM. Для цього було знайдено матеріали, зокрема відео польоту потрібного об'єкта на тестових базах. Для урізноманітнення даних у програмному забезпеченні було отримано правдоподібні відео, які навчали нейронну мережу краще прогнозувати траєкторію польоту БПЛА. Перелік категорій навчання: розробка набору фото- і відеоматеріалу для навчання та перевірки; доповнення наборів показників;

розробка моделі нейронної мережі; розробка моделі LSTM для прогнозування траєкторій польоту; використання набору відео-фотоматеріалів для навчання та перевірки з метою розпізнавання та створення траєкторій [3, 4].

Навчання нейронної мережі - це багатоетапний процес, де використовувалися як штучно згенеровані анімації, так і реальні кадри для забезпечення моделі набором даних, створених за допомогою Blender. Цей інструмент надав нам можливість контролювати такі змінні навколишнього середовища, як умови освітлення, фон і траєкторії польоту моделей дронів з високою точністю. За допомогою Blender моделювались різні погодні умови: від сонячного світла до похмурого неба, від туману до дощів [3, 4].

Результати дослідження показують, що запропонована нейронна мережа досягла високої точності у прогнозуванні траєкторії, причому модель показала кращу продуктивність у реальних сценаріях порівняно з традиційними методами прогнозування траєкторії. Інтеграція LSTM дозволила ефективно навчатися та узагальнювати часові показники, фіксуючи складні рухи та ефективну взаємодію з навколишнім середовищем. Це дослідження не тільки демонструє можливість використання нейромережевого підходу для прогнозування траєкторії БПЛА, але й пропонує потенційні застосування у сфері агробізнесу чи логістики, де прогнозування траєкторії в реальному часі може значно підвищити ефективність і швидкість прийняття рішень у сільськогосподарському виробництві [3-5].

Висновки

Наукова ефективність отриманих результатів полягає в розробці та навчанні моделей, побудованих на застосуванні нейромережевого підходу щодо прогнозування траєкторії польоту БПЛА для вирішення різних сільськогосподарських задач. Це дослідження демонструє ефективність запропонованого підходу, і відображає його здатність підвищувати точність прогнозування траєкторії польоту БПЛА.

Список використаних джерел

1. Гарафонова О., Маргасова В. Перспективи впровадження інноваційних технологій розвитку агропромислового комплексу України. *Socio-economic relations in the digital society*. 2022. № 3 (45). С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.55643/ser.3.45.2022.475>.
2. Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture: A Report to the G20 Agricultural Deputies. Rome: FAO, 2017. 57 p.
3. Bezsonov, O., Liashenko, S., Rudenko, O., Rutska, S., & Vashchenko, K. (2025). Using a deep learning neural network to predict flight path. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025(1), 71-84. doi:<https://doi.org/10.32620/reks.2025.1.05>
4. Liu, Y., Yan, Q., & Alahi, A. Social NCE: Contrastive learning of socially-aware motion representations. *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2021, pp. 15118-15129. DOI: 10.48550/arXiv.2012.11717.
5. Qin, W., Tang, J., Lu, C., & Lao, S. Trajectory prediction based on long short-term memory network and Kalman filter using hurricanes as an example. *Computational Geosciences*, 2021, vol. 25, pp. 1005-1023. DOI: 10.1007/s10596-021-10037-2.

УДК 664.1;681.5

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОГО МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ОБЛАДНАННЯ У СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ УКРАЇНИ

**Ляшенко С.О., д.т.н., професор; Фесенко А.М., ст. викладачка;
Кісь В.М., к.т.н., доцент, Кісь М.В. магістр**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У тезах розглянуто питання щодо ефективного використання мікропроцесорного обладнання та програмного забезпечення для ефективного керування процесом випарювання соку на цукрових заводах. Визначено перспективи застосування інтелектуальних (адаптивних) регуляторів, побудованих на основі нечіткої логіки та штучних нейронних мереж.

Вступ. Керування процесом оптимізації технологічних процесів цукрового виробництва є вирішальним фактором підвищення ефективності роботи заводів. Важливою складовою оптимізації є автоматизація, яка дозволяє збільшити продуктивність, забезпечити стабільність якості продукції і знизити вплив людського фактору. Переробка цукрових буряків складається з багатьох енерго- та ресурсомістких процесів, тому навіть незначні похибки ручного керування можуть призвести до перевитрати сировини чи енергії і зробити виробництво нерентабельним. Таким чином, сучасні цукрові заводи потребують впровадження надійних мікропроцесорних систем керування, що здійснюють безперервний моніторинг і регулювання всіх етапів – від прийому буряків до пакування цукру. Досвід показує, що впровадження ефективних АСУТП на цукрових заводах України дозволяє знизити споживання природного газу до 17% та електроенергії на ~4%, суттєво скоротивши викиди парникових газів і загальні витрати виробництва, а також знизити вплив людського фактору на якість виготовленої продукції. Було проведено детальний аналіз наявного мікропроцесорного обладнання, яке застосовується у сучасних системах керування цукровими заводами в Україні, а також розглянуто спеціалізоване програмне забезпечення для керування і перспективні інновації: зокрема, використання нейроконтролерів у автоматизованих системах керування [1, 2].

Метою роботи є визначення сучасного мікропроцесорного обладнання та програмного забезпечення для ефективного керування процесом випарювання соку на цукрових заводах.

На цукрових заводах основою сучасних систем керування є програмовані логічні контролери (ПЛК). При модернізації цукрових заводів широко застосовуються ПЛК провідних світових виробників, таких як Siemens Simatic, Schneider Electric Modicon, Vipa (Yaskawa), ICP-CON (ICP DAS) тощо. Зокрема, німецькі ПЛК Siemens сімейства SIMATIC S7 зарекомендували себе високою надійністю та продуктивністю. Таке обладнання підтримує резервування та працює в реальному часі, що особливо важливо для безперервних процесів. Не менш важливим виробником є компанія Schneider Electric з лінійкою контролерів

Modicon. Відомо, що контролери Modicon застосовуються в проектах керування випарними станціями із застосуванням інтелектуального керування, де використовувалися ПЛК Schneider Modicon M340, на базі якого реалізовано алгоритми нейромережевого регулювання. Також можна відзначити Vipa – німецького виробника ПЛК, продукція якого сумісна з Siemens. Компанія ICP DAS (бренд ICP-CON) постачає модулі вводу/виводу та компактні контролери, що можуть застосовуватися для збору даних і локального управління окремими вузлами у складі загальної АСУТП [1, 2].

Окремо слід виділити українські розробки мікропроцесорних контролерів. Прикладом є ПЛК серії МІК компанії *Мікрол* (Ivano-Frankivsk). Контролер МІК-51Н – це компактний багатофункціональний вільно-програмований мікропроцесорний контролер, призначений для автоматичного регулювання та логічного керування технологічними процесами. Він підтримує виконання математичних операцій, таймерів, ПІД-регуляторів та інших функціональних блоків, а також інтеграцію в промислові мережі (Modbus RTU тощо). Такі контролери ефективно вирішують різної складності задачі керування завдяки високій відмовостійкості та можливості розширення [3].

На практиці більшість діючих АСУТП цукрових заводів побудовані на базі ПЛК загального призначення. В результаті застосування різноманітного обладнання в АСУТП визначився загальний підхід: заміна застарілих релейних схем або морально застарілих контролерів на новітні ПЛК, оснащені потужними процесорами і розвинутою комунікацією (Profinet, Profibus, Ethernet). Це дозволяє охопити всі ділянки заводу єдиною системою керування в режимі реального часу. У результаті завод отримує централізовану систему контролю технологічних параметрів із операторським інтерфейсом (АРМ), що забезпечує всебічний контроль та управління процесами з одного пункту. Оператор через комп'ютер або панель може відстежувати всі ключові параметри, реагувати на відхилення і за потреби втручатися в роботу виконавчих механізмів [2, 4].

Для ефективного функціонування апаратних засобів автоматизації потрібне потужне спеціалізоване програмне забезпечення – системи людино-машинного інтерфейсу (HMI) та SCADA. На цукрових заводах України зазвичай використовують гнучкі SCADA-платформи, які дають змогу розробити індивідуальне рішення під особливості конкретного виробництва. На автоматизованому робочому місці оператора встановлюється SCADA-система, що надає такі можливості:

- Моніторинг і регулювання виробничих процесів цукрових заводів. Система безперервно зчитує показники датчиків (температуру, тиск, концентрацію сиропу, рівні тощо) і керує приводами через контролери.
- Управління виконавчими механізмами як в автоматичному, так і в ручному режимі.
- Налаштування контурів регулювання – через HMI можна змінювати задані значення (SetPoints), параметри ПІД-регуляторів та інші конфігурації без зупинки процесу, підлаштовуючи систему під поточні якісні зміни ТП.
- Попередження аварій – програмне забезпечення відслідковує граничні

значення параметрів і при наближенні до аварійних ситуацій виконує захисні дії (сигналізація, відключення обладнання).

- Ведення архівів і звітність – SCADA зберігає історію технологічних параметрів (тренди) та дозволяє переглядати графіки їх змін. На основі цих даних генеруються добові та змінні звіти по продуктивності, виходу цукру, витратам палива, КПД станції випарювання тощо.

- Розмежування доступу – програмно реалізовано різні рівні доступу до системи (оператор, технолог, інженер) [4, 5].

Вибір конкретної SCADA-платформи залежить від політики підприємства та сумісності з обладнанням. Значна частина вітчизняних проектів 2000-х років виконана на базі платформи TRACE MODE (розробка компанії AdAstra), яка довгий час була популярною в Україні. За деякими оцінками, більше половини цукрових заводів Європи (особливо Східної Європи) контролювалися системами на основі Trace Mode. Популярність цієї SCADA зумовлена її апаратною незалежністю (підтримка драйверів практично для будь-яких ПЛК та пристроїв) та відносно невисокою вартістю ліцензій, що дозволяло реалізувати як повну автоматизацію заводу, так і поступову (поетапну) з подальшим об'єднанням в єдину систему. В середовищі Trace Mode українські інженери успішно створювали проекти для всіх відділень цукрового виробництва [4-6].

Однак сучасна тенденція – перехід на міжнародні SCADA-системи з більш широкими можливостями інтеграції у глобальні IT-інфраструктури підприємства. Приклади включають Siemens WinCC, Schneider EcoStruxure (Citect SCADA або Wonderware System Platform), GE iFIX, IGNITION тощо.

Якщо завод використовує контролери Siemens, логічним вибором є зв'язка SIMATIC S7 + WinCC. SCADA WinCC Professional забезпечує візуалізацію і керування разом із контролерами S7-1500. Перевагою WinCC є повна сумісність із обладнанням Siemens та вбудовані засоби побудови складних графічних інтерфейсів і звітності. Для контролерів Schneider Electric аналогічно застосовується їх фірмове середовище *EcoStruxure Plant*. В результаті операторські інтерфейси на екранах відображають усі необхідні схеми, графіки та повідомлення, дозволяючи персоналу швидко реагувати на зміни процесу.

Варто зазначити, що багато українських інтеграторів розробляють клієнтські АРМ з використанням сучасних підходів, наприклад веб-орієнтованих інтерфейсів, що дозволяє керівництву отримувати доступ до ключових параметрів виробництва віддалено, а також інтегрувати систему керування виробництвом (MES) та обліку енергоресурсів в єдиний інформаційний простір. У підсумку, спеціалізоване ПЗ є невід'ємною складовою автоматизованої системи: воно перетворює дані від контролерів у зручну для людини форму і реалізує складну логіку керування, забезпечуючи оптимальний режим роботи.

Одним з перспективних напрямів є використання інтелектуальних регуляторів, зокрема на основі нечіткої логіки та штучних нейронних мереж. Такі рішення отримали назву нейроконтролерів, що містять алгоритми нейронних мереж для керування технологічним процесом. На відміну від класичних ПД-регуляторів, нейронні мережі здатні навчатися на даних процесу

і можуть враховувати нелінійності та запізнення, властиві складним технологічним об'єктам, таким як випарні апарати [2, 6].

Висновок

Розвиток систем автоматизації, що базується на впровадженні сучасного мікропроцесорного обладнання, є необхідною умовою успішного функціонування цукрових заводів. На більшості діючих та модернізованих заводів використовуються ПЛК провідних виробників (Siemens, Schneider та ін.), доповнені вітчизняними контролерами (на кшталт МІК-51Н) у разі потреби. При цьому застосовують SCADA/HMI-системи, індивідуально налаштовані під кожен завод, що надають операторам повний контроль над виробництвом і інструменти для оптимізації (тренди, звіти, аварійна сигналізація). Перехід від застарілих систем до сучасних цифрових платформ дозволяє знизити витрати енергії та сировини, мінімізувати людський фактор і підвищити якість цукру.

Для подальшого підвищення ефективності пропонується ширше впроваджувати інноваційні рішення, що базуються на використанні нейромережових та нечітких регуляторів, які можуть бути реалізовані на базі існуючих контролерів шляхом відповідного програмування. Такі нейроконтролери здатні адаптуватися до зміни властивостей сировини і режимів роботи обладнання, зменшуючи коливання параметрів і наближаючи їх до оптимуму. У поєднанні з технологіями Industry 4.0 (Big Data аналіз в реальному часі, цифрові двійники, предиктивна аналітика) це відкриває шлях до інтелектуальної автоматизації цукрових заводів [1, 2, 6].

Список використаних джерел

1. Грама М, Сідлецький В, Ельперін І. Аналіз системи автоматизації випарної установки з нейромережовим регулятором. Наукові праці НУХТ. 26(6). 2020, С. 7-15.
2. Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Ляшенко О.С., Кісь О.В. Обґрунтування застосування показників якості в енерго- та екологічно ефективних АСУ цукрового виробництва. *Інженерія природокористування*: науковий журнал, 2019, №4(14), Харків, 2019. С. 47-56.
3. МІК-51Н - Програмований логічний контролер. MICROL.
URL: <https://microl.ua/ua/product/programovanij-logicnij-kontroler-mik-51n?srsltid=AfmBOorhfcQ97EmFsgJotNGvZ41jzwmMN-XXntoUp70Uuyzq96ohTUnm> (дата звернення 15.11.2025).
4. Автоматизація цукрових заводів. ІННОВІННПРОМ. Промислова автоматика: проектування, виготовлення, монтаж, налагодження та обслуговування. URL: <https://innovinnprom.com/galuzevishennya/avtomatyzaciya-cukrovih-zavodiv> (дата звернення 15.11.2025).
5. Програмування SCADA та контролерів АСУ ТП цукрових заводів.
URL: <https://automatech.com.ua/czukrovi-zavodi> (дата звернення 15.11.2025).
6. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. Вид. 2-ге, виправлене. К.: Вид. Ліра-К, 2015. 378 с.

УДК 504.6- 58.056:632.11

ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Фесенко А.М., старший викладач, Носкова В.В., студентка

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглядаються перспективи використання відновлюваних джерел енергії в аграрному виробництві. Проаналізовано екологічні і економічні переваги впровадження біогазових установок, сонячних панелей, вирощування біоенергетичних культур та теплових насосів у фермерських господарствах. Обґрунтовано роль зеленої енергетики як інструменту зменшення негативного впливу агровиробництва на довкілля та підвищення рівня екологічної безпеки.

Подальший економічний і соціальний розвиток суспільства має базуватися на принципах сталого розвитку. Це передбачає вибір таких технологій і інструментів, які мінімально впливають на навколишнє середовище. Звіт Єврокомісії щодо України в межах Пакета розширення ЄС 2025 року, у розділі «Довкілля та зміни клімату» особливо відмічає суттєвий прогрес нашої країни у досягненні кліматично нейтральних шляхів розвитку. Окремий розділ цього Звіту присвячений розвитку сільського господарства і сільських територій [1]. В умовах війни можна додати ще один аспект: сталий розвиток має бути не лише екологічно нейтральним, але ще і забезпечувати підтримання стабільності за критичних умов.

Агропромислова галузь є потужним споживачем енергоресурсів. Це пов'язано з процесами обігріву тваринницьких приміщень, сушінням зерна, переробкою продукції та іншими технологічними процесами. Використання традиційних видів палива (вугілля, природний газ, продукти нафтопереробки) супроводжується викидами парникових газів, забрудненням атмосфери, значними витратами на виробництво. До того ж протягом останнього часу ми живемо в умовах руйнування і значного скорочення обсягів добування викопних видів палива. В такій ситуації впровадження технологій «зеленої» енергетики стає важливим напрямом забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку аграрних підприємств.

Вибір технологічних рішень у галузі «зеленої» енергетики має включати в себе декілька аспектів [2,3].

1. Аналіз енергоспоживання агропідприємства. Необхідно виділити найбільш енергоємні виробництва (сушіння зерна, обігрів, переробка продукції, вентиляція тощо); порівняти витрати на традиційні та альтернативні джерела енергії; оцінити доцільність переходу на відновлювані джерела енергії.

2. Вивчення можливостей використання альтернативних джерел енергії. Вибір може бути між біогазом як продуктом переробки відходів тваринництва та рослинництва, сонячними панелями на дахах будівель чи на відкритих територіях, тепловими насосами для використання низькопотенційного тепла,

переробкою органічних решток на пелети і використання твердопаливних котлів, вітровими енергоустановками для забезпечення підсобних виробництв.

3. Екологічну оцінку впровадження зеленої енергетики. Зокрема, вона включає визначення зменшення викидів CO₂, метану, оксидів азоту; зменшення впливу на ґрунти і водойми в результаті переробки твердих відходів; впливу на місцеві екосистеми та санітарно-гігієнічний стан території.

4. Економічну оцінку, зокрема, терміну окупності обладнання, зниження собівартості продукції за рахунок підвищення енергоефективності, можливість продажу залишків тепла або енергії.

5. Технічну та організаційну складову впровадження. Це питання включає вибір обладнання та параметрів систем (за потужністю, продуктивністю, мобільністю тощо); можливість інтегрування альтернативних систем в уже існуючу технологічну інфраструктуру; аналіз потреби в кадрах для технічного обслуговування.

6. Аналіз державного регулювання та підтримки. Зменшення чи компенсація витрат можлива за наявності відповідних українських державних програм чи на основі співпраці з міжнародними донорами у сфері біо- та сонячної енергетики, пільгових кредитів чи компенсацій для фермерів, вивчення законодавчих обмежень та врахування стандартів екологічної безпеки.

Ефективним рішенням для фермерських господарств є біогазові установки, що дозволяють переробити відходи агровиробництва (гній, підстилку, рослинні рештки, бадилля) на біогаз, який може бути використаний для виробництва тепла і електроенергії. Цей напрямок не лише забезпечує підприємство місцевими енергоресурсами, а й суттєво знижує кількість органічних відходів, зменшує утворення метану та газів з неприємним запахом у повітрі [4].

Органічні рештки також можуть бути перероблені не лише в газоподібне, але й тверде чи рідке паливо залежно від температури переробки. Використання рослинних решток, відходів деревини, спеціальне вирощування енергетичних культур на непродуктивних землях (верби, міксантуса тощо) дозволяє отримувати тверде паливо для розвитку не лише агропідприємств, а й сільських територій.

Також перспективним напрямом є встановлення сонячних панелей. Кліматичні умови України є сприятливими для використання енергії сонця, особливо в центральних та південних регіонах. Сонячні панелі можуть забезпечити часткову або навіть повну автономність агропідприємств, що може бути критично важливим в умовах блекаутів [5].

Досвід показує можливість комбінування розміщення сонячних панелей з роботою інфраструктурних об'єктів, вирощуванням культурних рослин, дорожньою інфраструктурою, використанням поверхні водойм тощо.

Також у тваринництві та тепличних господарствах, для обігріву побутових споживачів набувають поширення теплові насоси, які використовують тепло ґрунту, води чи повітря. Їх застосування дає змогу значно скоротити витрати на опалення приміщень, залежність від електроенергії, знизити викиди продуктів згоряння [6].

Вітрогенератори набули більшого поширення на півдні країни та в карпатському регіоні, але потенційно сила вітру, що характерна для більшої частини території України, також є достатньою для покриття місцевих потреб у електроенергії.

А якщо до екологічних та технологічних переваг додати можливість продажу надлишкової електроенергії, то економічний ефект від їх впровадження додасть привабливості таким локальним проектам.

«Зелена» енергетика має розглядатися не як мода, не як забаганка для багатих, це підхід, що направлений на збалансоване використання ресурсів, залучення вторинних ресурсів, мінімізацію відходів та оздоровлення середовища існування. А також це елемент забезпечення стійкості і виживання в умовах руйнування критичних елементів традиційної енергетичної інфраструктури.

Висновок

«Зелена» енергетика є ефективним інструментом підвищення екологічної безпеки агровиробництва. Використання біогазових установок, сонячних панелей, теплових насосів, сприяє скороченню викидів шкідливих речовин, зменшенню навантажень на довкілля та оптимізації витрат підприємств. Розвиток аналогічних програм має підтримуватися державними програмами, доступними кредитними програмами, міжнародними інституціями та вимагає інноваційних рішень для малих і середніх фермерських господарств.

Список використаних джерел

1. Commission staff working document. Ukraine 2025 Report. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions 2025. 111 с. <https://eu-ua.kmu.gov.ua/wp-content/uploads/EU-enlargement-.pdf>
2. Деркач М.І. Енергозбереження та енергоефективність у сільському господарстві. Навч. Посібний. – Харків: ДБТУ, 2021. – 198 с.
3. Бондарєв І.Д., Кислий В.Г., Відновлювані джерела енергії в аграрному секторі. – Харків: ДБТУ, 2022. - 144 с.
4. Мартянов В.А. Біогазові технології в агропромисловому виробництві. – Полтава: ПДАН, 2019. – 120 с.
5. Плюта М.В., Хрущ Р.В. Екологічні аспекти розвитку біоенергетики в аграрному секторі. // Агроекологічний журнал. – 2022. №3. – С. 45-52.
6. Renewable Energy for Agriculture: Technology and Policy Options. FAO Report. – Rome, 2021. – 64 p.

УДК 504.6- 58.056:632.11

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Фесенко А.М.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Було розглянуто вплив змін клімату в Україні на ефективність сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз зміни температури і кількості опадів для Харківської області. Встановлено, що на урожайність найпоширеніших сільськогосподарських культур найбільше впливає зміна температури протягом вегетаційного періоду та річна кількість опадів.

Сучасні зміни клімату розглядаються як один з найбільших викликів сьогодення, з яким стикнулося людство. У Звіті Єврокомісії щодо України в межах Пакета розширення ЄС 2025 року, у розділі «Довкілля та зміни клімату» відмічається суттєвий прогрес у досягненні кліматично нейтральних шляхів розвитку нашої країни. Окрема увага приділена виконанню методологічних аспектів стратегії розвитку сільського господарства і сільських територій [1].

Та поточні дії щодо стримування змін клімату важко назвати ефективними у близькій перспективі. Глобальне підвищення температури у 2024 році досягло рівня 1,6°C порівняно з доіндустріальною епоєю, а прогнози вчених вбачають зростання цих значень до 2°C протягом найближчих 5 років, скорочення врожайності, екстремальну спеку для територій, де проживає третина людства [2,3].

Вплив змін клімату на життєдіяльність пов'язаний з безпосередньою смертністю через спеку, лісові пожежі, сильні повені. Крім прямого впливу, зміни клімату небезпечні зменшенням ефективності профілактики інфекційних захворювань та голодом, спричиненим змінами в урожайності культур. Згідно з проведеними дослідженнями, сучасні кліматичні умови можуть збільшити урожайність культур, але зменшити їх споживчу цінність [4].

Тому, метою досліджень стали зміни клімату в умовах Харківської області, визначення основних тенденцій цих змін, та можливий вплив на ефективність сільськогосподарського виробництва у регіоні. Дослідження проводилися на основі даних метеорологічної станції с. Золочів Харківської області за 2001 – 2021 рр.

Був проведений аналіз широкого спектру метеорологічних даних, зокрема: зміни середньорічних температур, сезонні зміни, значення амплітуд температурного режиму, зміни у кількості опадів та їхньому розподілі протягом року.

Дослідження показало, що протягом 2010-2020 рр. середньорічна температура зросла на 1,4°C [5]. Також спостерігаються зміни у розподілі температур по місяцям, у кількості опадів і формуванні посушливого періоду у серпні - вересні (рис.1-4). Все це не може не впливати на розвиток рослин у регіоні.

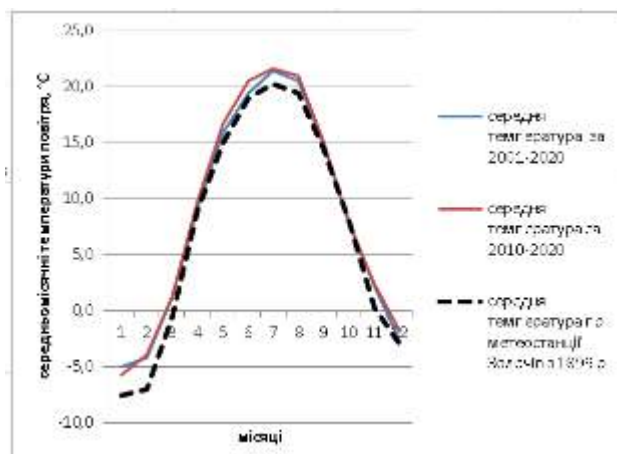


Рис. 1. Аналіз зміни середніх температур по місяцям по метеостанції Золочів

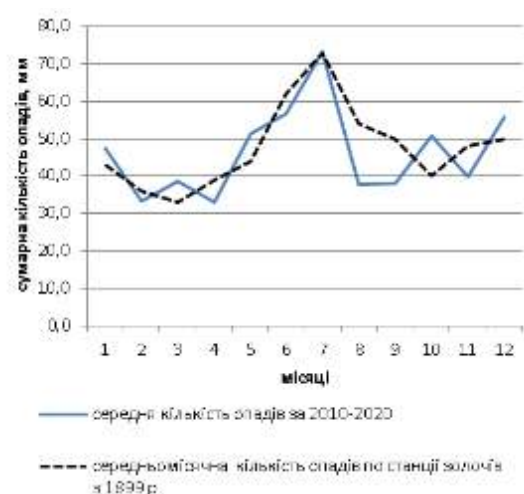


Рис. 2. Зміни кількості опадів по місяцям по метеостанції Золочів

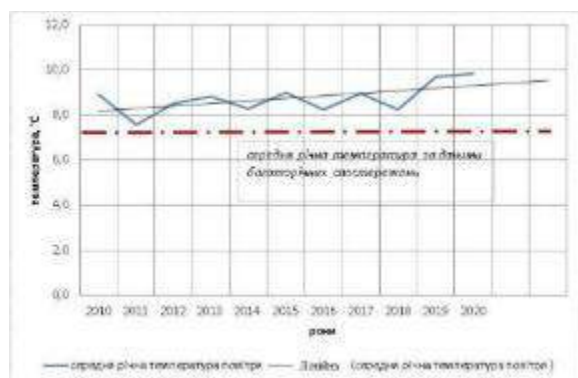


Рис. 3. Тенденції зміни середньорічних температур по метеостанції Золочів

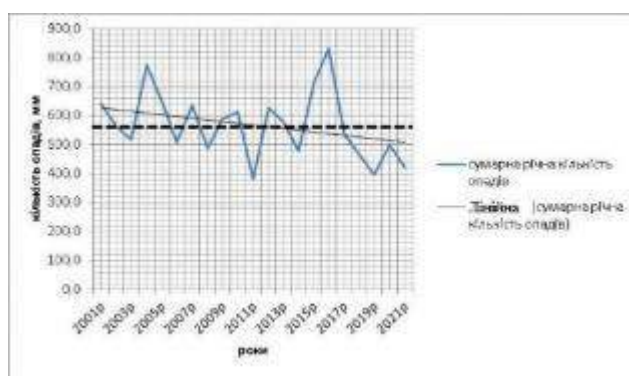


Рис. 4. Зміни сумарної річної кількості опадів по метеостанції Золочів

З метою визначити і оцінити тісноту зв'язку між регіональними проявами змін клімату і ефективністю сільськогосподарського виробництва було проведено кореляційний аналіз метеорологічних факторів і урожайності основних сільськогосподарських культур.

Цей аналіз проводився щодо визначення тісноти зв'язку між урожайністю зернових і зернобобових культур, а також соняшника та наступними погодними характеристиками послідовно:

- середньорічною температурою,
- зміною середньорічної температури за результатами багаторічних спостережень,
- середньорічною кількістю опадів,
- змінами середньорічної кількості опадів протягом останнього десятиліття,
- зміною температури протягом вегетаційного періоду,
- зміною кількості опадів протягом вегетаційного періоду.

Дослідження привели до наступних результатів.

1. Урожайність зернових і зернобобових культур більше залежить від погодних умов, ніж урожайність соняшнику. Коефіцієнт кореляції для урожайності зернових і зернобобових культур та відхилень температури повітря протягом вегетації складає $-0,37$; аналогічний показник для тісноти зв'язку зі змінами кількості опадів складає $-0,18$. Для урожайності соняшнику коефіцієнт кореляції зі змінами температури протягом вегетаційного періоду також є негативним.

2. За багатьма параметрами зі значеннями коефіцієнта кореляції близькими до 0 зв'язок відсутній. Зокрема, це вплив середньорічних температур повітря, відхилення середньорічних температур повітря протягом 2010-2020 рр. від результатів багаторічних спостережень, відхилення кількості опадів протягом вегетаційного періоду.

3. Найбільша тіснота зв'язку (коефіцієнт кореляції близько $-0,3$) встановлена між урожайністю культур та відхиленням температур впродовж вегетаційного періоду. Вона підтверджує можливість зниження урожайності при підвищенні температур протягом вегетації.

4. Деяка залежність існує між урожайністю зернових і зернобобових культур та річною кількістю опадів, хоча для соняшника вона відсутня.

Проведене дослідження приводить до думки про некритичний характер впливу поточних змін клімату і про необхідність звернути увагу на дотримання технології вирощування, яку варто скоригувати відповідно до визначених тенденцій змін клімату.

Висновок

Отже, підвищення температури повітря протягом вегетаційного періоду найбільше впливає на урожайність зернових і зернобобових культур та соняшника в умовах Харківської області. Вплив зменшення річної кількості опадів більше виражений для урожайності зернових і зернобобових культур. Але технології вирощування є більш важливим фактором для коригування урожайності, ніж зміни кліматичних чинників. Дотримання й адаптація цих технологій до існуючих умов дозволять Україні навіть за зміни клімату залишатися потужним виробником аграрної продукції.

Список використаних джерел

1. Commission staff working document. Ukraine 2025 Report. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions 2025. 111 с. <https://eu-ua.kmu.gov.ua/wp-content/uploads/EU-enlargement-.pdf>
2. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021.
3. The Physical Science Basis. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
4. WMO Global Annual to Decadal Climate Update (2025-2029)
5. Society for Experimental Biology. "Bigger crops, fewer nutrients: The hidden cost of climate change." ScienceDaily. ScienceDaily, 10 July 2025. www.sciencedaily.com/releases/2025/07/250709091658.htm .
6. Дані спостережень за погодою метеостанції Золочів.

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Ядров І. П. асп.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі обґрунтовується використання штучного інтелекту для контролю режимів роботи та технічного стану машинно-тракторного агрегату.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем механізації та автоматизації технологічних процесів. Основною ланкою засобів у цій галузі є машинно-тракторні агрегати (МТА), від технічного стану яких безпосередньо залежать ефективність виконання агротехнічних операцій, витрати пального, продуктивність праці та якість кінцевого продукту. З огляду на складність конструкції сучасних тракторів і сільськогосподарських машин, а також різноманітність умов їх експлуатації, виникає об'єктивна потреба у створенні інтелектуальних систем моніторингу та діагностики технічного стану з метою підвищення надійності та зменшення експлуатаційних витрат.

Традиційні методи контролю технічного стану МТА базуються на періодичних оглядах, регламентованих технічних обслуговуваннях і використанні окремих датчиків, що реєструють основні параметри роботи (тиск, температура, частота обертання тощо). Проте такі підходи часто не забезпечують своєчасного виявлення прихованих дефектів або прогнозування залишкового ресурсу агрегату, що призводить до незапланованих відмов і простоїв. Тому в останні роки спостерігається тенденція переходу від реактивного обслуговування до прогнозного технічного обслуговування (Predictive Maintenance), у якому ключову роль відіграють технології штучного інтелекту та Інтернету речей (IoT).

Прогнозне технічне обслуговування (Predictive Maintenance, PdM) — це сучасна стратегія технічного обслуговування, яка поєднує аналіз даних, машинне навчання (ML) і глибоке навчання (DL) для передбачення моменту виникнення відмов обладнання. Мета PdM — знизити експлуатаційні витрати, запобігти простоям і підвищити надійність систем.

Використання алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж і методів обробки великих даних (Big Data) дає змогу створювати цифрові двійники машинно-тракторних агрегатів, що здатні аналізувати поточні сигнали з датчиків, виявляти аномалії та прогнозувати розвиток відмови в реальному часі. Це відкриває можливість формувати оптимальні режими роботи агрегату відповідно до фактичного технічного стану, навантаження, типу виконуваної операції та умов середовища. Таким чином, реалізується концепція інтелектуального управління життєвим циклом МТА.

Обґрунтування режимів роботи МТА із залученням штучного інтелекту передбачає побудову моделей взаємозв'язку між параметрами експлуатації та технічним станом агрегату, визначення інформативних ознак несправностей, а також розробку методів адаптивного регулювання робочих режимів. Важливою складовою є також створення засобів контролю, які поєднують сенсорні модулі, засоби збору та передачі даних (ІоТ-платформи), а також аналітичні модулі для обробки даних у хмарному середовищі.

Завдяки використанню нейронних мереж, методів глибинного навчання (Deep Learning) та алгоритмів класифікації аномалій, такі системи можуть виявляти початкові відхилення від нормального режиму роботи на ранніх стадіях розвитку дефекту. Це дозволяє не лише діагностувати несправність, а й прогнозувати момент її критичного прояву, забезпечуючи реалізацію концепції прогнозного технічного обслуговування (Predictive Maintenance).

Використання аналітичних моделей технічного стану дозволяє відмовитися від жорстко регламентованих періодів обслуговування, замінивши їх обслуговуванням за фактичним станом. Це знижує кількість непотрібних регламентних робіт і мінімізує ризик аварійних простоїв. На основі прогнозних даних система може автоматично формувати графік технічного обслуговування, узгоджений із реальними умовами експлуатації, навантаженням і попереднім зносом вузлів, що суттєво зменшує експлуатаційні витрати.

Завдяки адаптивному керуванню режимами роботи, штучний інтелект дозволяє підтримувати роботу агрегату в зоні оптимальних параметрів навантаження, що мінімізує механічні та термічні перевантаження. У результаті зменшується інтенсивність зносу деталей, підвищується довговічність вузлів, а загальний ресурс агрегату збільшується на 15–30% (залежно від типу системи та умов експлуатації).

Інтелектуальні алгоритми здатні у реальному часі аналізувати динаміку навантаження на двигун і трансмісію та коригувати режими роботи відповідно до фактичних умов ґрунту, вологості, швидкості руху та типу виконуваної операції. Це дозволяє зменшити питомі витрати пального на 10–20% та уникнути роботи двигуна в неекономічних режимах.

Використання штучного інтелекту для контролю технічного стану та режимів роботи машинно-тракторного агрегату є актуальною, науково й практично значущою, оскільки спрямована на підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку, упровадження сучасних інтелектуальних технологій у галузі аграрної інженерії та розвиток напрямку цифрового сільського господарства (Smart Farming) в Україні.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.
3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.
4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.
5. Антощенко Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенко В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.
6. ISO 13374, Condition monitoring and diagnostics of machines— data processing, communication and presentation.
7. Rosmaini Ahmad and Shahrul Kamaruddin. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application. *Computers & Industrial Engineering*, 63(1):135–149, 2012.
8. Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. The internet of things: A survey. *Computer networks*, 54(15):2787–2805, 2010.
9. Mukesh Bhadane and KI Ramachandran. Bearing fault identification and classification with convolutional neural network. In 2017 Inter-national Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), pages 1–5. IEEE, 2017.
10. C. Cheng, G. Ma, Y. Zhang, M. Sun, F. Teng, H. Ding, and Y. Yuan. A deep learning-based remaining useful life prediction approach for bearings. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, pages 1–1, 2020.

УДК 631.1

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА СЛУЖБІ У СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Антощенко В. М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Тема безпілотного транспорту, і її обговорення закінчиться ще не скоро. При цьому багато хто чув про використання безпілотних технологій та в інших сферах, окрім автомобілів: повітряні дрони, безпілотні катери і навіть склади метро без машиніста. Але з однією із сфер економіки безпілотна тема у свідомості людей чомусь не в'яжеться – це сільське господарство. Більшість людей у голові вкоренився стереотип, що «сільгосп» – це щось брудне і неотесане. Що трактор – це обов'язково «гримляча колимага» з допотопним дизелем, комбайнери – простакуваті сільські мужики з мінімальною освітою, а

для вирощування культурних рослин тільки й потрібно, що поливати їх та удобрювати.

Цілком можливо, що в якихось куточках планети така думка все ще актуальна, але, на щастя, у цивілізованому світі сільське господарство стало одним із двигунів прогресу нарівні з високотехнологічним виробництвом та світом електроніки. На додаток до будь-яких «техів» (medtech, fintech, edtech та інші) існує і термін agritech, що означає впровадження та використання сучасних технологій у землеробстві, тваринництві та інших галузях традиційного господарства.

Якщо ми заговорили про безпілотний транспорт, то гріх не згадати і безпілотну сільгосптехніку. Її зачатки з'явилися майже 60 років тому - в 1962 голландський інженер Корнеліс Зілінг створив перший автономний трактор Agri-Robot для орання полів. Звичайно, ні про яку електроніку тоді не йшлося – автоматична зміна борозни була реалізована за допомогою двох щупів-колес спереду і ззаду. Технологія була вже цілком робочою, хоч і підходила вона більше для полів правильної прямокутної форми

Але відсутність економічної доцільності та недоліки тогочасних технологій відстрочили розвиток цих систем як мінімум на 40 років. У 2000-х інтерес до цієї теми почав відроджуватись, а перші кроки у створенні програмних систем розпізнавання зображень цьому лише допомогли. У 2008 році компанія John Deere, один із лідерів світового тракторобудування, представила систему iTEC Pro, призначену для самостійного пересування тракторів за сигналом GPS. Так як вона створена для інтеграції в сучасні універсальні трактори, то й мова вже йде не тільки про автоматичне орання, а й про посів, поливу і навіть покосі. Система існує і по сьогодні, при цьому повноцінним «автопілотом» її назвати не можна – наявність механізатора в кабіні все одно потрібна для контролю та налаштування системи. Подальший розвиток iTEC Pro призвів до появи системи Machine Sync, за допомогою якої «синхронізуються» комбайн та трактор із причепом для збирання врожаю.

Однак подібні системи зараз мають і багато інших великих виробників сільгосптехніки. У японської Kubota вона називається AgriRobo і застосовується для тракторів, комбайнів і навіть для рисопосадкових машин. Є така і їхні співвітчизники з компанії Yanmar. Німці з Claas створили систему з простою назвою GPS Pilot, а у Case IH, ще однієї американської тракторної компанії є система під зовсім нехитрою назвою Autopilot. Загалом такою автоматизацією роботи на полі вже нікого не здивуєш. Але зараз активно ведуться розробки і так званих «безпілотників п'ятого рівня»: повністю самостійних машин, які навіть не вимагають віддаленого оператора.

Згадані раніше Case IH, Kubota та John Deere представили свої (досить близькі за духом) бачення «трактора майбутнього». Звичайно, трактор повинен бути повністю автономним, і навіть кабіни на ньому не повинно бути спочатку. Щоправда, в останніх двох компаніях впевнені, що трактор майбутнього стане електричним, а японський трактор взагалі відновлюватиме деяку частину заряду за допомогою сонячних батарей. У Case IH вирішили залишити своєму

безпілотному трактору звичайний дизельний двигун і в цілому менш футуристичний зовнішній вигляд. У будь-якому випадку всі ці моделі поки що є прототипами, або «концепт-тракторами».

Сама сфера сільського господарства дуже впадає таким починанням – на відміну від доріг загального призначення, на полях немає зустрічних машин та перехресть, світлофорів та дорожніх знаків, пішоходів та інших несподіваних перешкод. Хіба що кабан пробіжить крізь зарості кукурудзи. Але найголовніше – тут немає суворого державного регулювання, але є кадровий голод на професійних механізаторів та трактористів. Ці фактори і підстобують власників полів мимоволі пробувати нові технології. Не варто забувати і про традиційні переваги «роботизованих» працівників: вони не втомлюються, їм не потрібно спати, обідати чи йти у відпустку. Тому можна не сумніватися, що більшість світової сільгосптехніки стане на безпілотні рейки, і, швидше за все, це станеться набагато раніше повсюдного поширення автономного персонального транспорту.

Світові тренди на «інтернет речей» та «великі дані» теж не оминають сільське господарство стороною. Найкраще застосування вони знайшли у вирощуванні різних культурних рослин. Комп'ютери на сучасних фермах збирають інформацію з різних датчиків, що знаходяться безпосередньо «в полях»: датчики температури, тиску, світла, дощу, вологості, фертильності ґрунту тощо. Після цього агроном аналізує її та робить висновки про зв'язок різних показників посівів із зовнішніми умовами. На відміну від методів ручного збору інформації, які до того ж є затратними за часом і неефективними, вся інформація доступна постійно і не залежить від людського фактору. Подібне «оцифрування» різних метеорологічних даних дозволить аналізувати як короткостроковий вплив погодних та кліматичних умов на врожайність, так і тривалі тенденції, які можна побачити лише в масштабі кількох років.

Одними з перших перспектив цієї технології в сільському господарстві відчули японські інженери. Наприкінці 2000-х на деяких японських фермах і виноградниках як пілотний проект були встановлені системи компанії Fujitsu, що поєднують у собі масив з базових датчиків: температури, тиску, вологості та освітленості. Інформація надходила на контрольний центр кожних 10 хвилин, чого на першому етапі було достатньо. Згодом фермери, які брали участь в експерименті та займалися аналізом даних, змогли покращити показники своїх ферм по багатьох напрямках. Збільшилася врожайність, знизилася потреба у використанні пестицидів і фунгіцидів, наслідком чого стала зросла якість урожаю, що збирається. У Fujitsu оцінили перспективність цього сегменту і стали його активно розвивати, зараз це одна з найбільших компаній у сфері агрономічного Інтернету речей.

Інша японська компанія під назвою PS Solutions, яка є однією з множинних дочок Softbank, в 2015 році розробила свою систему моніторингу рослин з не дуже приємною людиною назвою e-Kakashi. Назва перекладається як «електронне пугало», але за фактом ця система нікого не відлякує, а лише моніторить зовнішнє середовище та надає дані фермеру. Але основна відмінність

цієї системи в тому, що вона не просто передає необроблений потік інформації про рослини та стан навколишнього середовища, а й дає фермеру поради на підставі цих даних. Штучний інтелект, ось це все.

Аерофотозйомка, яка ще тридцять років тому вважалася дуже дорогим задоволенням і яку могли собі дозволити лише військові та великі держструктури, стала вже цілком звичайним елементом нашого повсякденного життя. Ми щодня користуємося картами Google і вже звикли до того, що відкритий доступ до супутникових знімків будь-якого куточка земної кулі – це щось зрозуміле. З погляду сільського господарства, це незамінний інструмент контролю над своїми угіддями, і навіть дослідження потенційних ділянок під засів. Але безкоштовні сервіси оновлюють картинку, як правило, один-два рази на рік, чого достатньо для звичайних користувачів, але не для аграріїв. До того ж і їхній функціонал дуже мізерний – крім простої зйомки, в них нічого немає.

Комерційні супутники здатні оновлювати необхідну інформацію з меншою періодичністю, а на додаток до простих фотографій можуть створювати спектральні знімки, а також формувати докладне тривимірне зображення рельєфу поверхні. Що не кажи, контроль над посівами безпосередньо з «полів» – справа важлива і потрібна, але у разі великих площ вивчення території з повітря здатне дати ще докладнішу інформацію. На щастя, в 21 столітті вже не обов'язково відправляти до космосу супутники, щоб робити докладну зйомку земель, адже є горезвісні безпілотики. Вони набагато дешевші, їх простіше запускати, та й інформації вони можуть отримати більше, оскільки їхня траєкторія польоту знаходиться набагато ближче до землі.

Саме завдяки БПЛА аерозйомка стала активно впроваджуватись у сільське господарство, адже створити та відправити супутник зможе далеко не кожна компанія. А ось створити (або навіть купити готовий) безпілотики і підняти його у повітря може практично кожен фермер, оскільки поріг входу до цієї сфери відносно низький. Інша річ, що отримати знімки (хоч із супутника, хоч із дрона) – це лише частина завдання. Їх ще необхідно проаналізувати, «склеїти» всі отримані дані в цілісну картину і зробити з неї деякі висновки. Ось тут і вступають у справу численні компанії, які створюють комплексні рішення ГІС (геоінформаційних систем) для аграріїв. Перераховувати їх все буде надто довго, тож згадаю лише деякі. Один із лідерів ринку, канадська компанія Farmers Edge, пропонує інтегровану інформаційну систему FarmCommand. У ній об'єднані дані із супутника, локальні метеодані, система моніторингу спецтехніки та інша інформація. Фермер може відстежувати всі показники в єдиному веб-інтерфейсі або навіть мобільному додатку, причому сервіс самостійно комбінує ці дані для аналізу і видає йому рекомендації на їх основі.

Наведені вище приклади використання цифрових технологій – це навіть далеко не всі сценарії, що існують у сільському господарстві зараз, що вже говорити про майбутнє. Наприклад, ті ж БПЛА використовуються не тільки для вивчення рельєфу землі, але й для обприскування рослин, що контролюється, і навіть для посадки насіння. Ще одна наростаюча тенденція у технологічному сільському господарстві – автоматичний догляд за тваринами. Вже зараз є

експерименти зі створення автономних тваринницьких ферм, які не вимагають жодного обслуговуючого персоналу.

Темпи розвитку цієї сфери вражають уяву – приблизно за 15 років сільське господарство перетворилося з консервативної галузі на один із найпотужніших двигунів технологічного розвитку. Згідно з прогнозом міжнародної консалтингової компанії Pricewaterhouse Coopers, до 2050 року у світі працюватиме понад 2 млрд «розумних» сільгосподатчиків. Якщо той же безпілотний транспорт до цього часу ще не буде переможно крокувати планетою, то на полях він точно стане звичайним явищем.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичних засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенко, Р. В. Антощенко, М. П. Артёмов, А. Т. Лебедев ; за ред. А. Т. Лебедева. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.
2. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко.— Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017.— 244 с.
3. Мехатронні системи автомобілів і тракторів [Текст] : підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич. - Харків : ХНТУСГ, 2020. - 248 с. - Б. ц.
4. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

УДК 17.02.35

ОБРОБКА ТА ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Грайворонська І. В., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Визначено поняття якості та базового зразка. Проаналізовано методи аналізу та обробки даних вимірювань, які мають ключове значення для підвищення якості продукції, ефективності виробництва та оптимізації витрат. Показано, що ці методи можуть бути використані на будь-яких етапах виробничого процесу з метою підвищення точності вимірювань і вдосконалення систем контролю якості.

Якість продукції – це сукупність властивостей і характеристик товару або послуги, які забезпечують їхню відповідність визначеним чи очікуваним потребам споживачів. Різні товари здатні задовольняти ці потреби на різному рівні. Зазвичай споживачі віддають перевагу тим продуктам, які забезпечують найвищий рівень задоволення протягом усього періоду використання [1].

Поняття якості охоплює широкий спектр характеристик продукції, зокрема її доступність, своєчасність постачання, техніко-економічні показники, дизайн, надійність, ефективність експлуатації, ремонтпридатність, рівень екологічності та інші параметри, що визначають цінність товару для споживача.

Кожен показник якості, як кількісна характеристика певної властивості об'єкта, має відображати його здатність задовольняти суспільні потреби в конкретних умовах. Під час формування будь-якого показника якості слід враховувати такі складові: суспільну потребу, специфічні умови її задоволення, сам об'єкт оцінювання та рівень відповідності цієї потреби.

Основою оцінювання рівня якості промислової продукції є порівняння сукупності її показників із відповідними показниками базового зразка (або з базовими значеннями цих показників). У ролі базового зразка можуть виступати реально досягнуті значення показників якості промислової продукції, що приймаються для порівняння [2].

Результати оцінювання якості значною мірою залежать від правильного вибору базового зразка. Тому цей вибір має бути обґрунтованим, комплексним і продуманим. Використання застарілих або технічно недосконалих зразків може призвести до викривлення результатів і необґрунтованого завищення оцінки рівня якості.

Базовими зразками можуть бути:

- на етапі розробки – промислова продукція, що відповідає перспективним вимогам (перспективний зразок або продукція, запланована до виробництва, показники якої визначені у технічному завданні чи проєктній документації);
- на етапі виготовлення – промислова продукція, вироблена в Україні або за кордоном, показники якості якої на момент оцінювання відповідають найвищим вимогам, державним стандартам України (ДСТУ), технічним умовам або міжнародним стандартам, що регламентують оптимальні параметри якості.

Номенклатура показників якості базового зразка повинна повністю відповідати номенклатурі показників продукції, що оцінюється. Методи визначення показників і одиниці їх вимірювання для обох зразків мають бути ідентичними, щоб забезпечити сумісність та коректність результатів.

Вибір базових зразків для окремих видів промислової продукції здійснюють центральні та головні конструкторські організації, а також профільні органи зі стандартизації.

Оцінювання рівня якості може проводитись як для однорідної продукції (виробів одного типу та призначення), так і для різномірної промислової продукції, що випускається підприємством.

Для аналізу та обробки даних вимірювань, які мають ключове значення для підвищення якості продукції, ефективності виробництва й оптимізації витрат, застосовуються такі методи:

- статистичний аналіз;
- регресійний аналіз;
- кореляційний аналіз;
- метод найменших квадратів;

- методи перевірки гіпотез;
- факторний аналіз;
- методи машинного навчання та штучного інтелекту;
- аналіз методом кінцевих елементів (Finite Element Analysis, FEA);
- шумовий аналіз;
- контроль за допомогою вимірювальних приладів.

Ці методи можуть бути використані на будь-яких етапах виробничого процесу з метою підвищення точності вимірювань і вдосконалення систем контролю якості.

Список використаних джерел

1. Поляков Є. О., Грайворонська І. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи кваліметрії» / ХНАДУ. – Харків, 2018. – 20 с.
2. Коваль О. А. Промислова обробка даних. Дистанційний курс ХНАДУ <https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=2947>

УДК 621.94

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ДОПУСТИМИХ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ТА МЕЖІ КОНТАКТНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ

Халін С. В., магістр

Полтавський державний аграрний університет

Під час оцінки контактної витривалості, крім визначення умов роботи деталей і діючих напружень, необхідно визначити допустимі напруження. Під час розрахунків на міцність, для визначення допустимих напружень прив'язуються до відомих механічних характеристик матеріалу. У разі розрахунку деталей на міцність за критерієм контактної витривалості, для визначення допустимих напружень необхідно знати межу контактної витривалості, яка визначається за експериментальними даними.

Складність дослідження методів оцінки допустимих контактних напружень полягає в процедурі визначення межі контактної витривалості. На контактну витривалість, як вже було сказано, впливає безліч факторів, через які неможливо з необхідною точністю використовувати дані одного експерименту для випадків навантаження, відмінних від тих, що були реалізовані в рамках експерименту.

Крім цього, складність також виникає і при проведенні експерименту. Для дослідження контактної витривалості необхідно мати певну кількість однотипних машин. Також для побудови кривої контактної втоми необхідно мінімум випробувати по 6 зразків хоча б на 3-х рівнях навантаження. Залежно від умов експерименту випробування одного зразка до настання втомного викришування можуть тривати до 80 годин безперервної роботи машини.

Складність проведення таких випробувань полягає у визначенні моменту початку втомного викришування. Зазвичай, як критерій використовують появу

на поверхні контакту характерних вибоїн, які в літературі називають «ямками» викришування. Проте на початку ямки можуть бути таких незначних розмірів, що їх неможливо зафіксувати. Також бувають випадки, що у зразка з'явилася одна ямка, проте при продовженні експерименту на поверхні не з'являються нові ямки, що може свідчити про те, що в матеріалі в початковий момент часу вже існував якийсь дефект, який вплинув на розвиток втомних тріщин.

У свою чергу, в рамках випробувань на втому не просто будують криву втоми, але і намагаються визначити межу витривалості матеріалу. У цьому випадку також важко сформулювати однозначне визначення, яке підходить під усі можливі варіанти випробувань і матеріалів. Зазвичай, залежно від того, який конкретно матеріал випробовується, призначають базу випробувань. Це та кількість циклів навантаження, після досягнення якої експеримент закінчується. Для сталевих виробів прийнято вважати, що базою випробування буде 107 циклів, для виробів з кольорових сплавів – 108 циклів.

Але відомо, що не всі матеріали мають межу витривалості [1, 2, 3]. Наприклад, у пластиків визначають тільки умовну межу витривалості. Це таке значення напружень, при яких матеріал зможе відпрацювати базове значення циклів, яке було задано при проведенні експерименту.

Як уже зазначалося, насправді практично у більшості матеріалів при збільшенні бази випробувань до 1010 циклів і більше спостерігається зменшення межі витривалості.

Крім цього, всі дані про втому мають імовірнісний характер. Наприклад, при визначенні ресурсу підшипника, за залежністю, запропонованою Лундбергом Д. і Палмгренем А. [4], використовується характеристика підшипника – динамічна вантажопідйомність C . Як вже говорилося, ця характеристика отримується з випробувань на втому підшипників кочення кожного типу. Сама характеристика являє собою таке радіальне навантаження на підшипник, при якому він орієнтовно зможе пропрацювати 1 мільйон обертів.

Дана характеристика отримана не при прямому експерименті, а при екстраполяції даних, отриманих при навантаженнях в два і більше разів менших, ніж дана вантажопідйомність. У запропонованій залежності передбачається, що у матеріалу підшипника не існує межі контактної витривалості.

Сам ресурс визначається з урахуванням того, що ймовірність поломки становить 10% . Якщо за умовами, що висувуються до конструкцій, необхідно, щоб ресурс визначався з більш низькою ймовірністю поломки, то в розрахунок вводиться коефіцієнт, що коригує отримане значення ресурсу.

Визначивши межу витривалості експериментальним шляхом, її можна використовувати при розрахунках міцності. З огляду на те, що на втомну міцність впливає безліч факторів, то визначення допустимих напружень не зводиться до призначення одного, широко застосовуваного коефіцієнта запасу, як це відбувається при проведенні розрахунків на міцність, наприклад, при одноосному розтягуванні.

При розрахунку евольвентних зубчастих передач регламентується порядок розрахунку за критерієм контактної витривалості зубчастих коліс. При цьому

пропонується враховувати безліч коефіцієнтів, які враховують різні фактори, що впливають на втомну міцність зубів зубчастих коліс. Наприклад, пропонується враховувати вплив в'язкості мастильного матеріалу, шорсткості поверхонь, швидкості обертання, розмірів коліс, вплив різниці твердості поверхонь коліс.

У разі розрахунку підшипників кочення в вихідний розрахунок також вноситься досить велика кількість коефіцієнтів, які враховують різні фактори. Наприклад, пропонується також враховувати вплив мастильного матеріалу, тільки крім в'язкості ще й необхідно враховувати якість мастильного матеріалу, що надходить. Крім цього, є умова про забрудненість навколишнього середовища, в якому буде працювати пристрій. Ще пропонується враховувати технологію виготовлення підшипника, яка теж впливає на втомну міцність.

Тобто крім складності визначення безпосередньо межі контактної витривалості матеріалу, також необхідно правильно призначити необхідні коефіцієнти запасу, які в свою чергу залежать від умов роботи, експлуатації, технології виробництва та іншого.

Висновок

Як показало дане дослідження, можна призначити один коефіцієнт запасу або з усередненим значенням серед усіх можливих комбінацій значень коефіцієнтів, або максимальним значенням. Але такий підхід має свої недоліки: якщо призначити середнє значення коефіцієнта запасу, то точність розрахунку буде істотно знижена і говорити про достовірність таких розрахунків проблематично; якщо призначити один коефіцієнт запасу рівним максимальному значенню з усіх можливих, то оцінка стане вкрай консервативною.

Список використаних джерел

1. Furuya Y., Hirukawa H., Takeuchi E. Gigacycle fatigue in high strength steels. *Science and Technology of Advanced Materials*, 2019. Vol. 20(1). pp. 643–656. DOI: <https://doi.org/10.1080/14686996.2019.1610904>
2. Claude Bathias, Paul C. Paris, Gigacycle fatigue of metallic aircraft components. *International Journal of Fatigue*, 2010. Vol. 32(6). pp. 894–897. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2009.03.015>.
3. Cui W, Chen X, Chen C, Cheng L, Ding J, Zhang H. Very High Cycle Fatigue (VHCF) Characteristics of Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP) under Ultrasonic Loading. *Materials (Basel)*, 2020. Vol. 13(4). pp. 908. DOI: 10.3390/ma13040908.
4. Zhang B., Liu H., Wei P. A modified model of Lundberg-Palmgren rolling contact fatigue formula considering the effects of surface treatments. *Friction*, 2023. Vol. 11. pp. 1922–1938. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40544-022-0730-6>.

УДК 629.113

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУР РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ГАЛЬМІВНОГО ПРИСТРОЮ

Куча М. М., магістр

Полтавський державний аграрний університет

Під час гальмування робочі поверхні гальмівного пристрою контактують, в результаті чого на робочих поверхнях виникає теплова енергія, основним параметром якої є температура T . Робочі поверхні силового пристрою постійно взаємодіють із зовнішнім середовищем, тому в зоні контакту робочих поверхонь температура на поверхні досягає певного значення T , але в процесі обтікання повітряним потоком температура на поверхні знижується до значення T_m . Визначення цієї T_m є основним фактором для оцінки теплового навантаження робочих поверхонь гальмівного пристрою.

У підйомно-транспортному машинобудуванні гальмівні пристрої використовуються при короткочасних режимах навантаження. Вони характеризуються малим часом гальмування невеликими навантаженнями і тривалим часом охолодження. При такій експлуатації не потрібно надмірних зусиль для того, щоб зупинити передавальні механізми. В автомобільному транспорті використовуються системи автоматичного блокування гальм (АБС). Ця система була створена для того, щоб автомобіль безконтрольно не рухався юзом. Застосування системи АБС дозволило реалізувати на автомобілях повторно-короткочасний режим гальмування. Він може бути аперіодичним або періодичним. Робота в повторно-короткочасному режимі характеризується малим часом гальмування, досягненням максимального гальмівного моменту (на межі юзу) і короткочасним періодом охолодження [1]. Незважаючи на малі значення часу гальмування, пікові навантаження виникають в результаті досягнення максимальних навантажень і мінімального часу охолодження.

Спочатку розглянемо гальмівний пристрій, що працює в режимі повторного короткочасного гальмування, як найбільш навантажений [2].

Сформулюємо тепловий баланс для металевого елемента [3]:

$$M_T \omega = \alpha [T_{pn}(\tau) - T_0(\tau)] + \lambda \left(\frac{dT}{dn} \right), \quad (1)$$

де $T_{pn}(\tau)$ – температура робочих поверхонь гальмівного пристрою в момент початку гальмування, К; T_0 – температура зовнішнього середовища, К; α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхонь охолодження, Вт/(м²К); $\left(\frac{dT}{dn} \right)$ – температурний градієнт по товщині диска (барабана), К/м.

У процесі розробки моделі теплопередачі необхідно задати вихідні умови щодо розподілу температури в гальмівних пристроях різного типу та температури зовнішнього середовища. Зміна градієнта температури i -ї точки в

товщині металевго елемента гальмівного пристрою визначається наступною функцією [4]:

$$\frac{T_m}{T} = f(B_i; A_{pn}; A_{nn}), \quad (2)$$

де T_m – поточна температура i -ї точки робочої поверхні, з урахуванням температури зовнішнього середовища, К; T – початкова температура i -ї точки робочої поверхні в момент розмикання контактуючих поверхонь, К; A_{pn} , A_{nn} – площі робочих і матових поверхонь металевго елемента, м²; B_i – число Біо.

Суцільні вентильовані диски та барабани мають два типи поверхонь: неробочі та робочі [5]. Робочими поверхнями диск (барабан) контактує з накладкою, а неробочі поверхні не задіяні в процесі гальмування.

Теорія теплопровідності передбачає, що температурні поля будуть подібні для симетричного нагрітого тіла [6]. Якщо відкинути маточину і фланець диска, то тепловий потік підводиться на дві робочі поверхні. Якщо провести площину, що перетинає робочу поверхню в середині диска, то його тіло буде симетричним. Тому загалом можна прийняти припущення, що температурні поля будуть однаковими для обох сторін диска. Згідно з тією ж теорією числа Біо в однакових точках робочої поверхні диска температури будуть рівними. Для виконання даної умови необхідно розглянути тільки робочі поверхні диска.

Металевий елемент силового пристрою – це система, яка завжди прагне до рівноваги, тому, коли відбувається процес нагрівання до температури T , після закінчення вона прямує до встановленої температури T . Без зовнішнього підведення тепла до робочих пар відбувається стабілізація теплового стану гальмівного пристрою.

Розробка моделі теплопередачі металевго елемента передбачає, що тіло розглядається як тонкостінний елемент, а температура, питома теплоємність і коефіцієнти тепловіддачі по всій площі робочих поверхонь металевго елемента будуть постійними. З умовою тонкостінного металевго елемента можна знехтувати кондуктивним теплообміном.

Закон збереження енергії для неробочих і робочих поверхонь металевго елемента записується в наступному вигляді:

$$\frac{dT_m}{d\tau_0} + \frac{\alpha A_{pn(nn)}}{m_{me}c} dT_m = 0. \quad (3)$$

Поточна температура i -ї точки робочої поверхні металевго елемента:

$$dT_m = T e^{-\frac{\alpha A_{pn}}{m_{me}c} d\tau_0}, \quad (4)$$

де c – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг К);

m_{me} – маса металевго елемента гальмівного пристрою, кг.

В результаті контакту із зовнішнім середовищем поточна температура i -ї точки робочої поверхні металевго елемента:

$$d(T_m - T_0) = (T - T_0)e^{-\frac{\alpha A_{pn}}{m_{me}c}} d\tau_0, \quad (5)$$

Степінь із рівняння (5) вказує на інтенсивність охолодження. Якщо матеріал гальмівного пристрою однорідний, то темп охолодження для всіх точок робочої та матової поверхонь металевго елемента буде однаковим. Темп охолодження необхідно використовувати як критерій оцінки при розробці методу розрахунку температури в кінцевій фазі гальмування на робочих поверхнях металевго елемента.

Запишемо рівняння темпу охолодження для робочих поверхонь металевго елемента:

$$\frac{dT}{d\tau_0} = -mT. \quad (6)$$

При початкових умовах параметри, що входять в рівняння, матимуть значення: $\tau > 0$, $T(0) = 0$. Для спрощення необхідно прийняти умову, що $m(\tau) = m = \text{const}$, після перетворення отримаємо:

$$T(\tau) = \int_0^\tau e^{-[m(\tau-\tau')]} d\tau. \quad (7)$$

За допомогою рівнянь (6) і (7) можна визначити перетворення основного критерію – зміни температури на поверхні металевго елемента.

З урахуванням залежностей (5) і (7) зміни температури на поверхні металевго елемента ϑ будуть визначатися із залежності:

$$\vartheta(\tau) = \int_0^\tau e^{-[m(\tau-\tau')]} d\tau. \quad (8)$$

Підставимо рівняння (8) в рівняння (5) і отримаємо температуру в кінці циклів гальмування охолодження для робочих поверхонь металевго елемента:

$$T_m(\tau) = Te^{-mn\tau} \sum_{n=1}^{n_\tau} e^{-mn\tau_0}. \quad (9)$$

Темп охолодження матиме наступний вигляд:

$$m = \frac{\alpha(F_{pn} + F_{nn})}{m_{me}c}. \quad (10)$$

Висновок

Розроблена модель теплопередачі покладена в основу методу визначення температури T_m металевго елемента. Вибір можна зупинити на двох вихідних критеріях: співвідношенні фаз нагрівання і охолодження та темпі охолодження.

Список використаних джерел

1. Grzes P. Maximum temperature of the disc during repeated braking applications. *Advances in Mechanical Engineering*, 2019. Vol. 11(3). DOI: <https://doi.org/10.1177/1687814019837826>.

2. Yevtushenko A.A., Kuciej M., Grzes P., Wasilewski P. Temperature in the railway disc brake at a repetitive short-term mode of braking. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 2017. Vol. 84. pp. 102–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2017.04.007>.

3. Wolff A., Kukulski J. Numerical and experimental analysis of the heat transfer process in a railway disc brake tested on a dynamometer stand. *Open Engineering*, 2023. Vol. 13(1). pp. 20220466. DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0466>.

4. McMasters R. L., Monte F. D., D'Alessandro G., Beck J. V. The Effect of Biot Number on a Generalized Heat Conduction Solution. *ASME. J. Heat Mass Transfer*, 2023. Vol. 145(9). pp. 091401. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4062637>.

5. Wang G., Fu R. Impact of Brake Pad Structure on Temperature and Stress Fields of Brake Disc. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2013. pp. 872972. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/872972>.

6. Li D., Sun D., Xi H., Dai J. Review on the mechanism of failure mode based on mechanical performance analysis of brake disc. *Advances in Mechanical Engineering*, 2024. Vol. 16(12). DOI: <https://doi.org/10.1177/16878132241298368>.

УДК 621.91

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА СТІЙКІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СПІРАЛЬНИХ СВЕРДЕЛ

Грабовець О. М., магістр

Полтавський державний аграрний університет

Свердління отворів є однією з найпоширеніших операцій механічної обробки в сучасному виробництві. Процес свердління відбувається в складних умовах, пов'язаних з ускладненим тепловідведенням і відведенням стружки із зони обробки.

Свердління – це один з найбільш поширених способів отримання глухих і наскрізних циліндричних отворів в суцільному матеріалі. Свердла застосовуються для отримання отворів в суцільному матеріалі, розсвердлювання вже наявних отворів, свердління конічних поглиблень для центрів, свердління під різьбу, висвердлювання і т.д.

Процес свердління здійснюється при двох спільних рухах: обертанні свердла або деталі навколо осі отвору і поступальним рухом свердла вздовж осі. При роботі на свердлильному верстаті свердло здійснює обидва рухи – обертальний навколо своєї осі і поступальний вздовж осі; заготовка закріплюється нерухомо на столі верстата. При роботі на токарних і револьверних верстатах, а також на токарних автоматах обертається оброблювана заготовка, а свердло здійснює переміщення вздовж осі [1].

Процес різання при свердлінні багато в чому аналогічний точінню, але має і ряд особливостей [2]. Наприклад, такі фізичні явища як: укорочення стружки і її завивання, виділення тепла, наростування, зміцнення поверхневого шару (наклеп), тертя стружки об поверхню гвинтової канавки, тертя задньої поверхні

об поверхню різання та ін. Поряд з цим, процес різання при свердлінні протікає в інших, більш важких умовах. Перш за все, наявність поперечної кромки, яка не ріже, а мнє метал, викликаючи значні сили опору на цій ділянці свердла; в процесі різання беруть участь дві головні ріжучі кромки і дві допоміжні ріжучі кромки.

У порівнянні з точінням вихід стружки при свердлінні більш обмежений, підведення мастильно-охолоджуючої рідини в зону різання також ускладнене. Крім того, ріжучі кромки свердла на протязі від периферії до центру мають змінний передній кут. Змінюється також і швидкість різання по довжині ріжучої кромки, що, в свою чергу, позначається на зміні деформації в суміжних елементах по всій довжині ріжучої кромки: деформація стружки до центру свердла збільшується.

Поперечна кромка, маючи кут різання більше 90° , працює в важких умовах: вона ще більше деформує метал, створює підвищені напруги на цій ділянці ріжучого інструменту, що викликає посилений знос поперечної кромки свердла. До того ж частина ріжучих крайок, що примикають до перемички, при більш обмежених умовах виходу стружки має швидкість різання, близьку до нуля.

Направляючі стрічки, не маючи заднього кута, створюють при свердлінні значне зношування поверхні оброблюваного отвору, в результаті чого сильно зношуються. Розглянемо коротко вплив різних параметрів свердла і операції свердління на осьову силу P_o і обертальний момент різання $M_{об}$.

Вплив діаметра свердла D і подачі S . Із збільшенням D і S збільшується площа перетину зрізу, що припадає на головну ріжучу кромку, внаслідок чого осьова сила P_o і обертальний момент $M_{об}$ збільшуються. Однак так само, як і при точінні, S і D впливають на P_o і $M_{об}$ неоднаково. Якщо S впливає на осьову силу і обертальний момент приблизно однаково, то діаметр свердла впливає на $M_{об}$ значно більше, ніж на P_o .

Вплив кута нахилу гвинтової канавки свердла ω . Із збільшенням ω відповідно зростає і γ , що призводить до зниження роботи деформації, отже, до зниження осьової сили P_o і обертального моменту $M_{об}$. Експериментально встановлено, що збільшення ω більше $25... 35^\circ$ істотного впливу на сили різання не чинить.

Вплив кута при вершині 2φ . Вплив 2φ на P_o і $M_{об}$ при свердлінні аналогічно впливу кута φ на сили P_x і P_z під час точіння. При збільшенні кута 2φ зменшиться сила P_z на головній ріжучій кромці і, як наслідок, величина $M_{об}$. Так само, як і при точінні, збільшення кута 2φ призводить до збільшення кута між головною ріжучою кромкою і напрямком руху подачі, що збільшує осьову складову P_z на ріжучій кромці і, отже, осьову силу P_o .

Вплив довжини перемички $l_{п}$ і кута її нахилу. Поперечна ріжуча кромка має від'ємне значення переднього кута γ , отже, з її збільшенням осьова сила буде зростати, оскільки при цьому збільшується опір врізання. На і цей фактор істотного впливу не має, оскільки довжина поперечної ріжучої кромки вкрай мала порівняно з довжиною головних ріжучих крайок.

Вплив мастильно-охолоджуючої рідини. Дослідженням [3] встановлено позитивний вплив рідини на величину осьової сили P_o і обертальний момент $M_{об}$. Застосування при свердлінні рідин, і особливо поверхнево-активних, сприяє зменшенню осьової сили і моменту: на 10...35 % при обробці пластичних металів (сталей); 10... 18 % при обробці чавуну; 30...40 % при свердлінні алюмінієвих сплавів у порівнянні з обробкою насухо.

Вплив якості оброблюваного металу. Зі зміною механічних і фізико-хімічних властивостей оброблюваних металів змінюється і їх опір свердлінню. Характеристиками якості оброблюваного металу, від яких залежить величина сили різання при свердлінні, є: при обробці сталі – межа міцності σ_B ; при обробці чавуну і бронзи – твердість HB.

У процесі свердління ріжуча частина свердла з часом зношується. Свердла зношуються в результаті тертя задніх поверхонь об поверхню різання, стружки об передню поверхню, направляючих стрічок об оброблену поверхню і зминання поперечної кромки.

Зношення свердла по задній поверхні відбувається нерівномірно: біля поперечної кромки знос менше, ніж біля периферії. Найбільш небезпечним видом зношення у свердел є зношення по кутах, утворених головними ріжучими кромками і стрічками [4].

У роботі [5] досліджувалась стійкість окремих ділянок ріжучої кромки свердла і вплив її геометрії на загальну стійкість. Відзначається, що основний внесок у зміну, а отже, у вирівнювання стійкості точок ріжучої кромки вносить вирівнювання швидкості різання. Отримані результати показали, що підвищення загальної стійкості свердла може бути досягнуто шляхом підвищення стійкості найбільш навантаженої ділянки ріжучої кромки, що, в свою чергу, забезпечується виготовленням свердла не з прямолінійною ріжучою кромкою, а з криволінійною.

У роботі [6] досліджувалась ефективність плазмової поверхневої обробки спіральних свердел із швидкорізальної сталі, проводилися випробування на стійкість даного інструменту. За результатами роботи були виявлені переваги свердел після плазмової обробки в порівнянні зі свердлами, обробленими за класичною технологією:

- підвищення твердості матеріалу свердла, що дозволило підвищити продуктивність і ефективність свердління;
- підвищення стійкості свердла за рахунок створення поля стискаючих залишкових напружень;
- зниження зношування задньої поверхні свердла за рахунок оплавлення виступів мікронерівностей і зменшення шорсткості.

У роботі [7] були досліджені характеристики та експлуатаційна стійкість дифузійних захисних шарів, отриманих методом низькотемпературної нітроцементації швидкорізальних сталей. Проведено вимірювання таких важливих для характеристики процесу різання при свердлінні параметрів, як величина крутного моменту і осьової складової сили різання при свердлінні, величини зносу по задній поверхні і стрічці. Було встановлено, що

низькотемпературна нітроцементация свердел з швидкорізальної сталі позитивно позначається на параметрах процесу різання – величини крутного моменту і осьової складової сили різання при свердлінні зменшилися відповідно в 1,4 і 1,5 рази, експлуатаційна стійкість інструменту в порівнянні зі стандартним неукріпленим інструментом підвищилася в 1,7...1,9 разів, підвищилася експлуатаційна стійкість в 2,2 разів.

У роботі [8] зазначається, що основними причинами високої інтенсивності зносу головних задніх поверхонь свердла є похибки поверхневого шару при заточуванні інструменту, а також великі контактні напруги на спочатку малій ширині майданчика зносу. Автор пропонує, як один з основних шляхів підвищення стійкості, а отже, і ефективності свердел, підвищення зносостійкості стрічок і куточків, наприклад за допомогою застосування зносостійких покриттів.

Висновок

Аналізуючи технічну літературу, можна зробити висновок про те, що зміна та оптимізація конструктивних параметрів свердла, режимів різання, а також інструментальних матеріалів у задачах підвищення ефективності та продуктивності свердління практично вичерпали себе. Ефективним способом підвищення працездатності свердел є нанесення зносостійких покриттів на робочі поверхні інструменту.

Список використаних джерел

1. Glaa N., Mehdi K., Zitoune R. Numerical modeling and experimental analysis of thrust cutting force and torque in drilling process of titanium alloy Ti6Al4V. *Int J Adv Manuf Technol*, 2018. Vol. 96. pp. 2815–2824. DOI: 10.1007/s00170-018-1758-7.
2. Cantero J.L., Tardío M.M., Canteli J.A., Marcos M., Miguélez M.H. Dry drilling of alloy Ti–6Al–4V. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005. Vol. 45(11). pp. 1246-1255. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.01.010>.
3. Duc T.M., Long T.T., Van Thanh D. Evaluation of minimum quantity lubrication and minimum quantity cooling lubrication performance in hard drilling of Hardox 500 steel using Al₂O₃ nanofluid. *Advances in Mechanical Engineering*, 2014. Vol. 12(2). DOI:10.1177/1687814019888404.
4. Xu L., Wu Q., Qin M., Tang Y. Flank wear of twist drills and surface quality of holes in hard-to-cut materials by electric hot drilling. *Int J Adv Manuf Technol*, 2016. Vol. 84. pp. 513–522. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7721-y>.
5. Zhao T., Zhou J. M., Bushlya V., Stahl J. E. Effect of cutting edge radius on surface roughness and tool wear in hard turning of AISI 52100 steel. *Int J Adv Manuf Technol*, 2017. Vol. 91. pp. 3611–3618. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0065-z>.
6. da Silva L. P., de Sousa Brito M. C., da Silva Mendes M. V., de Sousa Nôleto B. J., Monção R. M., da Luz Silva L. G., de Sousa E. M., de Oliveira P. A., de Carvalho Costa T. H., Barbosa M. G. C. B., de Sousa R. R. M. Surface modification of high-speed steel (HSS) drills by plasma nitriding and cathodic cage tin deposition. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical*

Engineering Science, 2025. Vol. 239(4). Pp. 1383–1394. DOI:10.1177/09544062241290989.

7. Wilkowski J, Jegorowa A, Barlak M, Werner Z, Zagórski J, Staszkiwicz B, Kurek J, Kruk M. Effect of Nitrogen Ion Implantation on the Tool Life Used in Particleboard CNC Drilling. *Materials*, 2022. Vol. 15(10). pp. 3420. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15103420>

8. Abu-Mahfouz I. Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2003. Vol. 43(7). pp. 707–720. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00023-3).

УДК 621.94

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ

Войновський В. В., магістр

Полтавський державний аграрний університет

Однією з актуальних задач машинобудування є визначення режиму механічної обробки, що впливає на продуктивність, якість і собівартість виробництва деталей. Тому задача визначення раціонального режиму різання є актуальною.

Раціональним методом призначення складових режиму механічної обробки є їх розрахунок з використанням моделей і залежностей для визначення вихідних параметрів процесу різання. При цьому математичні моделі дозволяють розраховувати вихідні параметри в залежності від вхідних, але не завжди забезпечують коректні результати. Деякі з них не враховують наявності ряду керованих і некерованих факторів. У багатьох випадках відсутні дані для вибору параметрів математичних моделей, таких як коефіцієнти тертя в зонах контакту інструменту зі стружкою і заготовкою. Існують моделі, що отримані на основі емпіричних даних і показують достовірні результати тільки в тих умовах, в яких вони були отримані [1].

Похибка обробки визначається за наступною формулою [2]:

$$\omega = 1,2 \sqrt{\omega_y^2 + \omega_j^2 + \omega_n^2} + \omega_i + \omega_e + \omega_\phi, \quad (1)$$

де ω_y – похибка установки заготовки, ω_j – похибка, зумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи, ω_n – похибка налаштування верстата на розмір; ω_i – похибка, зумовлена розмірним зносом ріжучого інструменту (різця), ω_e – похибка, зумовлена температурними деформаціями технологічної системи; ω_ϕ – сума похибок обробленої заготовки, зумовлених геометричними неточностями верстата.

Формула (1) враховує вплив на параметр ω випадкових і систематичних похибок і буде використана для подальших розрахунків.

Для розрахунку складових сили різання використовують аналітичні залежності виду [3]:

$$P_x = (F \cdot \cos\gamma - N \cdot \sin\gamma + N_1) \cdot \sin\psi, \quad (2)$$

$$P_y = (F \cdot \cos\gamma - N \cdot \sin\gamma + N_1) \cdot \cos\psi + N_2, \quad (3)$$

$$P_z = (F \cdot \sin\gamma - N \cdot \cos\gamma + F_1), \quad (4)$$

де γ – кут між діагоналлю перетину зрізаного шару і напрямком подачі, град.; F , N – сила тертя і сила нормального тиску на передній поверхні інструменту, Н; F_1 , N_1 – те саме на задній поверхні інструменту, Н; N_2 – сила на ділянці зачисної кромки інструменту, Н; P_x , P_y , P_z – осьова, радіальна, тангенціальна складові сили різання, Н.

У дослідженні [4] наведені емпіричні залежності для визначення складових сил різання P_x , P_y , P_z наступного виду:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t_r^x \cdot S_{06}^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (5)$$

де C_p – постійна; x , y , n – показники ступеня для конкретних умов обробки; K_p – поправочний коефіцієнт.

Недоліком даної залежності є те, що для сірого і ковкого чавунів, алюмінію, жароміцних сталей при зовнішньому поздовжньому точінні степеневий показник $n = 0$. Відповідно, залежність (5) не враховує вплив швидкості різання V на значення складових сили різання, що не відповідає дійсності.

У [5] представлені емпіричні залежності для розрахунку складової сили різання P_z при обробці жароміцних, високоміцних і корозійно-стійких сплавів. Наприклад, при точінні заготовок з високоміцної сталі складову сили різання P_z розраховують за наступною формулою:

$$P_z = C_p \cdot V^{-0,1} \cdot t_r^{0,9} \cdot S_{06}^{0,75}. \quad (6)$$

При цьому в довіднику відсутні залежності для розрахунку осьової та радіальної складових сили різання P_x і P_y .

Для розрахунку складових сили різання P_x , P_y , P_z запропоновано наступні залежності:

$$P_x = 118,3 \cdot E_{\text{пр}}^{0,664} \cdot V^{0,165} \cdot t_r^{0,712} \cdot S_{06}^{0,516}, \quad (7)$$

$$P_y = 700,3 \cdot E_{\text{пр}}^{0,408} \cdot V^{0,097} \cdot t_r^{0,551} \cdot S_{06}^{0,886}, \quad (8)$$

$$P_z = 4681,5 \cdot E_{\text{пр}}^{-0,102} \cdot V^{-0,035} \cdot t_r^{0,609} \cdot S_{06}^{0,649}, \quad (9)$$

де $E_{\text{пр}}$ – термо-ЕДС пробного проходу.

Для визначення параметра $E_{\text{пр}}$ необхідно попередньо виконати пробний робочий хід.

На знос ріжучого інструменту значний вплив має температурний фактор. У залежностях (10–12) наведені рівняння розрахунку зносу різця, що враховують вплив температури на знос.

Адгезійний знос різців:

$$J_n = \frac{V_n}{V_c} \cdot \frac{D}{3} \cdot \frac{\sigma_n}{H}, \quad (10)$$

$$J_3 = \frac{V_3}{V_c} \cdot \frac{D}{3} \cdot \frac{\sigma_3}{H}, \quad (11)$$

де σ_n і σ_3 – контактні напруги на передній і задній поверхнях відповідно; H – твердість більш м'якого матеріалу.

Знос з урахуванням хімічного модифікування і сорбційних процесів:

$$J_x = K_x \cdot \left(\frac{RT}{Q}\right)^\alpha \cdot \left(\frac{RT}{U}\right)^\alpha \cdot L_i, \quad (12)$$

де Q – теплота адсорбції; U – енергія активації розпаду міжатомних зв'язків; L_i – комплекс тимчасових факторів.

Знос з урахуванням теплофізичних процесів:

$$J_t = K_{Tp} \cdot \left(\frac{T_k}{T_{kp}}\right)^m \cdot \left[\frac{dT}{dx} \cdot \frac{\delta_1}{T_{kp}}\right]^n \cdot \left[\frac{E \cdot \alpha \cdot \Delta T}{(1-\mu) \cdot \sigma_{kp}}\right]^p, \quad (13)$$

T_k і T_{kp} – контактна і критична температури; δ_1 – товщина теплового граничного шару; α – коефіцієнт теплового розширення; ΔT – приріст температури в поверхневому шарі; σ_{kp} – гранична напруга в твердому шарі.

Висновок

Як показало дане дослідження, залежності для розрахунку зносу містять емпіричні коефіцієнти. Деякі параметри такі, як мікротвердість поверхневого шару заготовки та площа лунки зносу на передній поверхні, необхідно визначати експериментальним шляхом. Наведені залежності справедливі лише за певних умов різання. У науковій літературі досі немає чітких меж переходу від адгезійного зносу до дифузійного. Все вищезазначене обумовлює наявність невизначеності вихідної інформації. Таким чином, за отриманими залежностями визначати знос інструменту надзвичайно складно в виробничих умовах, що потребує подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Meddour I., Yallese M.A., Bensouilah H., Khellaf A., Elbah M. Prediction of surface roughness and cutting forces using RSM, ANN, and NSGA-II in finish turning of AISI 4140 hardened steel with mixed ceramic tool. *Int J Adv Manuf Technol*, 2018. Vol. 97, pp. 1931–1949. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2026-6>.
2. Chabbi A., Yallese M., Nouioua M., Meddour I., Mabrouki T., Girardin F.

Modeling and optimization of turning process parameters during the cutting of polymer (POM C) based on RSM, ANN, and DF methods. *Int J Adv Manuf Technol*, 2017. Vol. 91. pp. 2267–2290. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9858-8>.

3. Varghese L., Aravind S., Shunmugesh K. Multi-Objective Optimization of Machining Parameters during Dry Turning of 11SMn30 Free Cutting Steel Using Grey Relational Analysis. *Materials Today: Proceedings*, 2017. Vol. 4. Issue 2. Part B. Pp. 4196-4203. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.122>.

4. Mohanta D.K., Sahoo B., Mohanty A.M. Experimental analysis for optimization of process parameters in machining using coated tools. *Journal of Engineering and Applied Science*, 2024. Vol. 71 (38). <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00370-5>.

5. Mia M., Khan M.A., Dhar N.R. Study of surface roughness and cutting forces using ANN, RSM, and ANOVA in turning of Ti-6Al-4V under cryogenic jets applied at flank and rake faces of coated WC tool. *Int J Adv Manuf Technol*, 2017. Vol. 93. Pp. 975–991. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0566-9>.

6. Alajmi M.S., Almeshal A.M. Modeling of Cutting Force in the Turning of AISI 4340 Using Gaussian Process Regression Algorithm. *Appl. Sci.*, 2021. Vol. 11 (9). 4055. <https://doi.org/10.3390/app11094055>.

УДК 35:004

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Чумаченко С.М. д.т.н., с.н.с.

Державний науково-дослідний інститут авіації

Пісня Л.А. к.т.н.

Наукова-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Денисенко С.А. к.т.н., доцент, Черепньов І.А., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є науковий аналіз можливостей використання штучного інтелекту для підтримки нагальних управлінських рішень в галузі продовольчої безпеки в надзвичайних ситуаціях. Обробки великим об'ємів даних всього життєвого циклу продовольчої безпеки вбачається посиленою задачею для програмних засобів з використанням штучного інтелекту.

У світі протягом значного часу спостерігається хронічний дефіцит продуктів харчування. За офіційними даними Організації Об'єднаних Націй: у 2024 році 2,3 мільярда людей зазнали помірного та гострого дефіциту продовольства, що на 335 мільйонів більше, ніж у 2019 році до пандемії, і на 683 мільйони більше порівняно з 2015 роком, коли було прийнято порядок денний сталого розвитку до 2030 року. Згідно з поточним прогнозом, до 2030 року 512

мільйонів людей у світі можуть страждати від хронічного недоїдання, з яких майже 60 відсотків проживатимуть в Африці [1]. Дана проблема різко посилюється в разі виникнення надзвичайних ситуацій (НС). НС природного походження становлять найбільшу небезпеку, як за масштабами поширення так і за частотою виникнення. Підвищення температури може призвести до зміни сезонів посіву та збору врожаю, а також до більш частих екстремальних погодних явищ, таких як посуха та повені. Нерівномірна кількість опадів з більшою ймовірністю викличе дефіцит води в одних регіонах і надмірне зволоження в інших. Це може призвести до зниження ефективності сільського господарства і викликати голод на значних територіях [2]. Як зазначено в [3]: повторювані часто й інтенсивні природні катастрофи, це серйозна загроза для виживання людини і суспільства, а також складне завдання та ризики можливостей в області реагування на НС і порятунку людей для державних органів управління. У цих умовах захист людського життя є пріоритетом під час реагування при цих подіях. Екстрене постачання продовольства є основним механізмом реагування, який може забезпечити виживання людей і задоволення основних потреб постраждалого населення у разі стихійного лиха. Для зниження негативних наслідків НС необхідно прогнозувати можливі масштаби руйнувань, порушення логістики, чисельність населення на постраждалій території і необхідні заходи, сили і засоби з ліквідації наслідків катастроф. З огляду на значний обсяг даних і складне поєднання різних факторів, доцільно та необхідно використовувати сучасні технології штучного інтелекту (ШІ). Зокрема, ШІ може вирішити проблему продовольчої незахищеності шляхом створення завчасних попереджувальних прогнозів, підтримки точного землеробства, оптимізації ланцюгів поставок, моніторингу вразливості та визначення пріоритетів у розподілі допомоги. ШІ може виявити закономірності та тенденції, які можуть бути не помічені звичайним людським спостереженням, тим самим надаючи унікальну інформацію, яка може слугувати основою для прийняття своєчасних рішень щодо розподілу продовольства, надання допомоги та виробництва [4]. Нерідкі випадки, коли віддалені негативні наслідки НС є більш смертоносними, ніж прямі вражаючі чинники. Під час або після стихійних лих продукти харчування в постраждалих районах можуть бути забруднені мікробіологічними та іншими агентами. В результаті населення відповідних територій голодуватиме або піддаватиметься ризику захворювань харчового походження [3]. Універсальність ШІ дозволяє використовувати його в сфері безпеки продовольства. Він ефективно застосовується для виявлення спалахів захворювань, моніторингу псування та алергенів, виявлення випадків фальсифікації харчових продуктів, моніторингу ланок постачання, систем відстеження, контролю якості, прогнозування термінів придатності та оцінки ризиків [5]. У практиці ліквідації наслідків НС нерідкі випадки, коли за наявного масового дефіциту найнеобхідніших продуктів харчування були виявлені парадоксальні факти наявності продовольства у мережі магазинів і на їхніх складах, які з незрозумілих причин залишилися незатребуваними [3]. Широке використання ШІ дозволить оперативно отримувати інформацію про кількість

продуктових магазинів або ресторанів в різних регіонах, що може допомогти точно визначити райони, де доступ до продуктів харчування може бути обмежений [4]. Для забезпечення продовольчої безпеки необхідно максимально знизити втрати на всіх етапах логістичної мережі. Об'єми втрат продовольства досягли загрозливих розмірів. Приблизно третина свіжих фруктів і овочів у світі викидається через те, що їх якість стала нижче допустимого споживчого рівня. Загальні втрати продовольства в США становлять до 40%, втрати зерна в Китаї оцінювалися в 19% [6]. Необхідний постійний моніторинг контролю якості харчових продуктів. Експерти з сенсорних систем, комунікаційних технологій, прогновної біології та харчових технологій повинні співпрацювати з транспортними операторами та менеджерами ланцюгів поставок [6]. Харчові відходи залишаються серйозною проблемою у всьому світі, і, за оцінками, третина всіх вироблених продуктів харчування втрачається або викидається марно. Потенційні переваги оптимізації за допомогою ІІІ в харчовому секторі значні. ІІІ може допомогти зменшити харчові відходи, виявляючи ланки, де вони утворюються, і дозволяють приймати рішення та оптимізувати процеси в режимі реального часу. Використовуючи ІІІ для великих даних, можна управляти ризиками на всіх етапах виробництва і ланок постачання, запобігаючи дорогому відкликанню продуктів і підвищуючи їх якість і безпеку [7]. У сфері безпеки харчових продуктів ІІІ забезпечує прогнозне моделювання ризиків, швидке виявлення забруднень, інтелектуальні системи спостереження і відстеження на основі блокчейна [8]. Однак, існує ряд причин, які на даному етапі не дозволяють розширити застосування ІІІ в загальносвітовому масштабі. Це відмінність законодавства в різних країнах, різний рівень економічного і наукового потенціалу. Крім того питання стійкості, державного регулювання, продовольчої безпеки, спостереження та моніторингу стану, упередженості алгоритмів від зовнішніх збоїв та інше [7,8].

Висновок

За результатами аналізу опублікованих досліджень продовольчої безпеки населення різних держав Світу у НС глобальних масштабів підтвердило нагальну необхідність залучення програмного забезпечення з використанням ІІІ. Можливості ІІІ для обробки великим об'ємів даних, щодо всього життєвого циклу продовольчої безпеки є найдоцільнішими для своєчасних управлінських рішень всіх рівнів. Вивчення, розробка та широке впровадження ІІІ є однією з ключових наукових проблем національної безпеки продовольчого забезпечення всіх країн світу.

Список використаних джерел

1. The State of Food Security and Nutrition in the World 2025. *FAO*: веб-сайт. URL: <https://www.fao.org/publications/fao-flagship-publications/the-state-of-food-security-and-nutritio> (дата звернення: 23.11. 2025).
2. Климаттың өзгеруі және азық-түлік қауіпсіздігі. *Институттың жаңалықтары*. URL: https://eri.kz/kz/Novosti_instituta/id=6965/arch=2025_51 (дата звернення: 23.11. 2025).

3. Гадецька С.В., Дубницький В.Ю., Кушнерук Ю.І., Ходирев О.І., Черепньов І.А. Комплексне вирішення логістичної задачі забезпечення життєдіяльності населення в умовах надзвичайних ситуацій. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів* 2025. № 26. С. 8-24. doi.org/10.64165/ts.2025.26.8-24.

4. Villacis A., Badruddoza S. Using Artificial Intelligence to Predict and Prevent Future Food Insecurity. *Georgetown Journal of International Affairs*. 2023. Vol. 24, № 2. P. 191-197.

5. Balta I., Lemon J., Popescu C. Food safety – the transition to artificial intelligence (AI) modus operandi. *Trends in Food Science & Technology*. 2025. Vol. 165. 105278. doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105278.

6. Jedermann R, Nicometo M, Uysal I, Lang W. Reducing food losses by intelligent food logistics. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2014 Vol.5, №372, article 2013.0302. doi: 10.1098/rsta.2013.0302.

7. Onyeaka H., Tamasiga P., Nwauzoma U. And all. Using Artificial Intelligence to Tackle Food Waste and Enhance the Circular Economy: Maximising Resource Efficiency and Minimising Environmental Impact: A Review. *Sustainability*. 2023. Vol.15, №1. 10482. doi.org/10.3390/su151310482.

8. Liu Z., Wang S., Zhang Y., Feng Y., Liu J., Zhu H. Artificial Intelligence in Food Safety: A Decade Review and Bibliometric Analysis. *Foods*. 2023. Vol. 12, №6. 1242. doi.org/10.3390/foods12061242.

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПРОСТОРОВОГО РУХУ ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ РУШІЇВ БУНКЕРУ ДЛЯ ПОСІВНОГО МАТЕРІАЛУ

Кісь О. В., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування та метод рішення математичної моделі динаміки просторового руху посівного машинно-тракторного агрегату з електричним приводом рушіїв бункеру для посівного матеріалу.

У сучасних умовах агропромислового виробництва важливо постійно покращувати технологічні процеси для підвищення продуктивності, точності та ефективності сільськогосподарських робіт. Однією з критичних задач є забезпечення оптимальної роботи посівних агрегатів, що безпосередньо впливає на якість й кількість врожаю. Важливою складовою цього процесу є інтеграція сучасних технологій, таких як електричні приводи, які можуть підвищити ефективність роботи бункерів для посівного матеріалу та забезпечити стабільний і контрольований потік насіння.

Основною метою моделювання є:

- дослідження динаміки просторового руху посівного агрегату, зокрема, впливу електричного приводу на подачу посівного матеріалу;
- визначення оптимальних параметрів роботи бункера з метою забезпечення ефективності та якості посіву.

Обробка даного питання вимагає уваги до ключових фізичних процесів, що відбуваються під час роботи посівного агрегату:

- сили, що діють на агрегат: гравітаційні сили (вага агрегату та бункера), інерційні сили (рух агрегату), сили тертя (між колесами та ґрунтом), сили опору (внаслідок обробки ґрунту);
- динаміка руху посівного матеріалу.

Математичну модель можна сформувати на основі законів механіки, зокрема другого закону Ньютона, рівнянь Лагранжу 2-го роду та рівнянь Апеля.

Модель бункера повинна включати: геометричні параметри (об'єм, форма) для розрахунку кількості насіння; виступаючі механізми (шнеки, механізми подачі), що беруть участь у переміщенні насіння.

В моделі слід врахувати характеристики електромотора: потужність, момент обертання, швидкість руху; відповідні характеристики крутного моменту і потужності для різних режимів роботи; динамічні характеристики коліс (радіус, тиск, коефіцієнт зчеплення з ґрунтом) є важливими для аналізу місця контакту та зусиль, що виникають під час нерівностей ґрунту.

Модель вирішена у вигляді системи диференціальних рівнянь, що описують рух радіусів та підйом сил. Чисельні методи, такі як методи Ейлера або Рунге-Кутти, застосовані для знаходження розв'язків даної системи.

Після формування моделі важливо перевірити її адекватність шляхом: порівняння з експериментальними даними через збір статистичних даних із реальних тестових запусків агрегату та оцінки чутливості моделі до зміни вхідних даних.

Обґрунтування математичної моделі динаміки просторового руху посівного машинно-тракторного агрегату з електричним приводом рушіїв бункера для посівного матеріалу є важливим кроком у вдосконаленні технологій сільськогосподарського виробництва. Розроблена модель дозволяє детально вивчити механіку роботи агрегату та осучаснити підходи до обробки ґрунту, що в свою чергу сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат. Моделювання також формує основу для інтеграції передових технологій в автоматизацію аграрних процесів, що є важливим для розвитку сільськогосподарського виробництва в глобальному контексті.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric

networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ ТРАНСМІСІЇ ТРАКТОРА, ЩО ПРАЦЮЄ У СКЛАДІ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РІЗНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ШВИДКОСТІ

Задорожний В. П., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу перемикання передач трансмісії трактора, що працює у складі машинно-тракторного агрегату в залежності від різного навантаження та швидкості.

Сучасні аграрні технології вимагають від тракторів і машинно-тракторних агрегатів (МТА) високої продуктивності та адаптивності у змінних умовах роботи. Ефективність трансмісії є одним із критичних факторів, що визначає загальну продуктивність сільськогосподарських машин. Традиційні системи перемикання передач часто стикаються з проблемами, такими як розрив потоку потужності під час переключення передач, що веде до зменшення продуктивності, збільшення витрат пального та потенційних механічних пошкоджень. У цьому контексті гідропіджимні муфти пропонують ефективне рішення для реалізації безперебійного і плавного перемикання передач, забезпечуючи оптимальні умови для роботи тракторів в агрономічних процесах.

На сьогоднішній день існують різні типи трансмісій, що використовуються у сільськогосподарських тракторах, серед яких:

- механічні трансмісії в яких використовують зубчасті передачі, але часто мають проблеми з різким падінням потужності під час перемикання;
- автоматичні трансмісії, які збільшують комфорт роботи, але можуть бути складними в обслуговуванні і часто вимагатимуть додаткових затрат на ремонт.

На жаль, всі ці системи мають певні недоліки, включаючи зниження моменту під час перемикання, що ускладнює виконання важких сільськогосподарських робіт.

В тракторах виробництва Харківського тракторного заводу серій ХТЗ-150К/170К/240К набули поширення трансмісії з гідропіджимними муфтами.

Гідропіджимні муфти працюють за принципом управління гідравлічним тиском для забезпечення з'єднання та роз'єднання трансмісійних елементів. Це забезпечує:

- плавний перехід з передачі на передачу у межах одного діапазону. Вони здатні контролювати тиск і регулювати товщину зчеплення, що дозволяє уникнути різких навантажень на механізми;

- безперервний потік потужності при перемикання передач може відбуватися без зупинок, що важливо для підвищення ефективності роботи механізмів під час обробки ґрунту чи виконання інших сільськогосподарських робіт.

Оптимізація роботи трансмісій у залежності від величини навантаження має

ключове значення для динамічних характеристик трансмісії трактора. Гідропіджимні муфти можуть автоматично корегувати тиск у відповідь на зміни навантаження. Це забезпечує стабільність потужності в умовах зміни стилю роботи, наприклад, при переході з обробки ґрунту на транспортування.

Можлива адаптація режимів перемикавання передач до швидкості руху МТА. У випадках, коли трактор переходить на вищі швидкості, гідропіджимні муфти можуть миттєво регулювати зчеплення для збереження оптимальної передачі потужності, що підвищує продуктивність і знижує витрати пального.

Такий метод має наступні переваги:

- зменшення вібрацій та шуму через плавне перемикавання передач сприяє зменшенню механічних вібрацій, що позитивно впливає на комфорт роботи оператора і зменшує знос агрегатів;
- збільшення ефективності через застосування безперервного потоку потужності, що дозволяє агрегату працювати в оптимальних режимах, що підвищує загальну продуктивність;
- спрощення конструкції, а саме, гідропіджимні муфти дозволяють зменшити кількість механічних рухомих частин, спрощуючи конструкцію трансмісії. Це знижує вартість виробництва та обслуговування тракторів.

Для успішного впровадження нового методу перемикавання потрібно врахувати наступні фактори:

- навчання оператора через запровадження нових технологій вимагає навчання технічного персоналу і операторів тракторів для ефективного використання можливостей гідропіджимних муфт;
- тестування в польових умовах через проведення польових випробувань для перевірки ефективності й надійності системи в реальних умовах експлуатації.

Метод перемикавання передач трансмісії трактора з гідропіджимними муфтами без розриву потоку потужності є інноваційним рішенням, яке може суттєво підвищити ефективність роботи машинно-тракторних агрегатів. Цей підхід забезпечує адаптацію до змінних умов роботи, стабільність і безперервність потужності, а також підвищує комфорт роботи оператора. Впровадження гідропіджимних муфт може стати важливим кроком у розвитку аграрних технологій, що відповідає сучасним вимогам до продуктивності та ефективності. Це не лише покращить динаміку роботи тракторів, але й в цілому сприятиме підвищенню конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric

networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ОЦІНКА ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ НА ҐРУНТ КОЛИВАНЬ КОЛІС ТРАКТОРА У СКЛАДІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО АГРЕГАТУ

Світличний О. В., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено метод та результати оцінки шкідливого впливу на ґрунт коливань коліс трактора, що працює у складі машинно-тракторного агрегату.

Сільське господарство сучасного світу постійно стикається з викликами, пов'язаними з необхідністю підвищення продуктивності при збереженні здоров'я ґрунту. Машини та трактори, які виконують основні операції з обробки ґрунту, можуть негативно впливати на його фізичні характеристики, зокрема через коливання коліс, які виникають під час руху. Дослідження цих впливів є критично важливим для розробки ефективних управлінських стратегій і практик, які мінімізують ризики для ґрунтового середовища.

Основною метою даного дослідження є вивчення впливу коливань коліс тракторів на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, а також розробка методики оцінки цього впливу. Це дозволить не лише зрозуміти масштаби шкідливих наслідків, але й сформулювати практичні рекомендації для зменшення негативного впливу на ґрунт під час агрономічних робіт.

Для оцінки шкідливого впливу на ґрунт коливань коліс трактора необхідно провести польові випробування для вимірювання коливань коліс тракторів під час роботи на різних типах ґрунтів і в умовах різної вологості та виконати збір даних про технологічні параметри: швидкість руху, щільність покриття, типи використовуваних агрегатів.

Провести лабораторні випробування ґрунту, що включають вимірювання щільності, водоемності, ступеня аерації та структури.

Дослідити хімічний аналіз для виявлення змін у складі ґрунту, включаючи вміст органіки та мікроелементів.

Виконати статистичний аналіз через обробку зібраних даних з використанням статистичних методів, щоб встановити кореляцію між коливаннями коліс і змінами у властивостях ґрунту.

Застосувати програмне забезпечення для аналізу та візуалізації отриманих результатів, наприклад, MatLab, MatCad або GNU Octave.

Основні результати повинні містити дані щодо ущільнення ґрунту. Дослідження показали, що коливання коліс тракторів призводять до збільшення щільності верхнього шару ґрунту на 15-20%, що негативно впливає на його аерацію.

Ґрунти зазнають порушення структури, що встановлено аналізом зразків ґрунту виявив, що до 30% зразків зазнають суттєвого руйнування агрегаційних структур, що ускладнює життєвий цикл рослин.

Переущільнення призводить до зниження водоутримуючої здатності.

Вирощені зразки демонструють на 25% меншу водопроникність, особливо на важких глинистих ґрунтах, що підвищує ризик ерозійних процесів.

Вплив на біосферу відбувається через спостереження за змінами в біорізноманітті у верхньому шарі ґрунту показали зниження чисельності корисних мікроорганізмів і черв'яків до 40%.

Коливання коліс тракторів мають суттєвий негативний вплив на фізичні та біологічні властивості ґрунту внаслідок ущільнення, зміни структури та зниження водоутримуючої здатності. Це може призвести до зниження врожайності та якості агрономічних культур.

Рекомендується розробка нових технологічних рішень для зменшення осьових навантажень коліс тракторів, таких як використання амортизаторів, покращених шин з нижчим тиском, а також розробка адаптивних технологій обробки, що враховують стан ґрунту.

Необхідно продовжити дослідження, спрямовані на вивчення ефекту різних типів тракторів та агрегатів, а також вплив нових технологій на зменшення негативних наслідків коливань.

Перспективи майбутніх досліджень включають вивчення екологічного впливу впровадження нових технологій і методик їх тестування у реальних умовах агрономічних господарств. Це допоможе вдосконалити агрономічні практики та підвищити сталість сільського господарства.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.
4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.
5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol.

76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПЛУГУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З НЕДОСТАТНЬО ТОЧНИМИ ДАТЧИКАМИ

Сміцков Д. С., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено метод та прогнозування тягового опору плугу шляхом застосування нейронних мереж та вимірювальної системи з недостатньо точними датчиками.

Тяговий опір плуга є одним із ключових показників, що визначає ефективність роботи ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів (МТА), а також витрати енергії тракторів під час обробки ґрунту. Його точне визначення є критично важливим для оптимізації агрономічних процесів, зниження витрат пального та підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва. Однак традиційні методи вимірювання тягового опору часто страждають від недостатньої точності через помилки обладнання, коливання умов експлуатації та інші фактори.

Актуальність дослідження полягає в потребі у впровадженні новітніх технологій, які б дозволили вирішити проблему використання нейронних мереж

для прогнозування тягового опору відкриває нові можливості для аналізу та обробки даних, зібраних з недорогих та неточних датчиків. Незважаючи на їхню відносно низьку точність, їх комбінація з методами штучного інтелекту здатна надати корисні результати.

Основною метою даного дослідження є розробка та тестування методу прогнозування тягового опору плугу за допомогою нейронних мереж, а також оцінка точності результатів при використанні вимірювальної системи, побудованої на основі недостатньо точних датчиків. Це дозволить з'ясувати, наскільки ефективно використання штучного інтелекту в сільськогосподарському виробництві у контексті підвищення точності даних.

Для проведення досліджень необхідно створення експериментальної установки. Розробка вимірювальної системи, яка включає недорогі датчики, що вимірюють тяговий опір, швидкість руху плуга, глибину обробки, а також вологість ґрунту та його щільність.

Виконати побудову моделей нейронних мереж шляхом вибору архітектури нейронної мережі (наприклад, багатошарова перцептронна мережа або рекурентна нейронна мережа) для обробки зібраних даних.

Проведення тренування мережі з використанням відомих параметрів для створення прогностичних моделей.

Проведення тестування і валідація моделей шляхом порівняння результатів прогнозування нейронної мережі з даними, отриманими в реальних умовах експлуатації плуга.

За результатами експериментів отримано великий обсяг даних, що включає інформацію про різні типи ґрунтів, швидкість плуга, глибину обробки, а також параметри роботи агрегату та погодні умови. Це дозволило провести всебічний аналіз.

Нейронна мережа продемонструвала середню точність прогнозування тягового опору на рівні 85-90%, що є значно кращим показником у порівнянні з традиційними методами (до 70-75%). Це свідчить про високий потенціал використання нейронних мереж.

Аналіз показав, що навіть з використанням недорогих і менш точних датчиків (з можливими похибками до 15-20%), нейронна мережа здатна генерувати надійні прогнози. Це говорить про стійкість та адаптивність моделей.

Впровадження нейронних мереж для прогнозування тягового опору плугу є перспективним напрямком, що може суттєво підвищити точність планування та виконання агрономічних робіт.

Рекомендується подальша оптимізація архітектури нейронної мережі, а також поліпшення якості даних, що входять у систему, для підвищення точності прогнозів.

Важливим є розвиток інтегрованих систем, які б поєднували дані з різних джерел (наприклад, GPS-трекерів, погодних станцій) для покращення точності прогнозування.

Наступні етапи дослідження можуть включати:

– вивчення впливу різних параметрів ґрунту на тяговий опір плугу, а також

адаптацію нейронних мереж до нових сценаріїв і умов;

- потенційні експерименти для удосконалення вимірювальної системи та зняття обмежень, пов'язаних із застосуванням недорогих датчиків;

- поглиблене дослідження можливостей інтеграції прогностичних моделей у системи управління сільськогосподарськими агрегатами для автоматизації процесів.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing

accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ОРАНКИ ОРНИМ МАШИННО-ТРАКТОРНИМ АГРЕГАТОМ

Шаповал В. В., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу покращення якості процесу оранки орним машинно-тракторним агрегатом у складі повнопривідного колісного трактора з передніми керованими колесами.

Оранка є ключовим етапом у підготовці ґрунту для посіву, оскільки вона визначає структурні властивості ґрунту, його водоутримуючу здатність і повітропроникність, що, у свою чергу, впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Сучасні агрономічні вимоги потребують підвищення ефективності та якості оранки без підвищення фізичного навантаження на землю. Використання повнопривідних колісних тракторів із передніми керованими колесами забезпечує нові можливості для оптимізації цього процесу.

Завданням даного дослідження є обґрунтування і розробка нових технологічних рішень, що підвищують якість оранки за допомогою орного машинно-тракторного агрегата, використовуючи повнопривідний колісний трактор із керованими передніми колесами. Це сприятиме поліпшенню умов обробки ґрунту та збільшенню його родючості.

Методи дослідження включають аналіз технологічних параметрів з метою вивчення сучасних технологій оранки, включаючи конструкції плугів і специфікації тракторів, що використовуються в агрономії. Аналіз впливу технічних характеристик на якість обробки ґрунту.

Польові експерименти для проведення серії польових випробувань з різними типами плугів у поєднанні з повнопривідними тракторами. Вимірювання параметрів, таких як глибина оранки, щільність перевернутого ґрунту, рівномірність обробки та пального, що витрачається.

Комп'ютерне моделювання відбувається за рахунок використання комп'ютерних симуляцій для моделювання різних умов роботи агрегатів, що дозволяє визначити оптимальні параметри та режими експлуатації.

Статистичний аналіз виконується шляхом обробки та аналізу зібраних

даних за допомогою статистичних методів для порівняння ефективності різних агрегатів та технологій.

Основні результати включають покращення маневреності тракторів з передніми керованими колесами в значній мірі підвищують маневреність, що дозволяє зменшити радіус повороту на 20-25%, що особливо важливо на малих ділянках або при виконанні спеціалізованих робіт.

Забезпечують оптимізацію глибини обробки ґрунту шляхом впровадження систем автоматичного контролю глибини оранки з урахуванням типу ґрунту й агрономічних умов дало можливість досягти рівномірності обробки на більшій площі, що покращує біологічну активність та родючість ґрунту.

Забезпечують підвищення якості перевертання ґрунту, що підтверджено експериментальними дослідженнями які показали, що якість перевертання ґрунту зросла на 15-20% при використанні передніх керованих коліс, що забезпечує оптимальні умови для розвитку кореневої системи рослин.

Привело до зниження впливу на ґрунт урахуванням зміни в тиску на ґрунт, викликані поліпшенням розподілу ваги та маневреністю трактора, зменшили ймовірність ущільнення верхніх шарів ґрунту.

Економічні переваги забезпечені зниженням витрат пального на 10-15% завдяки поліпшенню ефективності роботи агрегату і зменшенню кількості проходів.

Таким чином, впровадження нових технологій оранки на базі використання повнопривідних колісних тракторів з керованими передніми колесами має суттєвий потенціал для підвищення якості обробки ґрунту.

Рекомендується поглибити дослідження в напрямку автоматизації процесів оранки, зокрема впровадження системи GPS-навігації для поліпшення точності виконання земельних робіт.

Необхідно розглянути адаптацію плугів під специфічні технічні характеристики тракторів, що будуть використовуватися, для досягнення максимальної ефективності.

Важливими аспектами для майбутніх досліджень є:

- вивчення перекриття технологічних маршрутів при виконанні оранки, щоб зменшити витрати на обробку та запобігти ерозії ґрунту;
- розробка адаптивних технологій обробки ґрунту для різних агрономічних і кліматичних умов, що включатимуть використання даних метеорологічних станцій та оцінки вологості ґрунту;
- використання новітніх технологій, таких як дронів, для моніторингу стану ґрунту та його характеристик під час оранки.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak.

Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПАРАМЕТРІВ КОЛІСНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРА

Гембарський М. В., аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації посівного агрегату оптимізацією параметрів колісних систем трактора.

Агровиробництво сьогодні стикається з численними викликами, такими як необхідність підвищення продуктивності та зниження витрат при збереженні екологічної стійкості. Ефективність експлуатації посівних агрегатів значною мірою залежить від оптимізації параметрів колісних систем тракторів. Зокрема, ці параметри можуть істотно впливати на зчеплення з ґрунтом, стійкість агрегату та продуктивність сільськогосподарських робіт. У цьому контексті доповідь досліджує ключові параметри колісних систем, їх оптимізацію в залежності від режимів роботи, а також переваги застосування здвоєних колісних систем.

Ширина коліс трактора безпосередньо впливає на площу контакту з ґрунтом. Збільшення ширини коліс знижує тиск на поверхню ґрунту, що запобігає його ущільненню та сприяє кращому зчепленню. Наприклад, на важких і вологих ґрунтах рекомендується використовувати колеса шириною 600–800 мм для зменшення ризику просідання.

Фермери, які вживають ширші колеса, відзначають покращення стійкості тракторів при транспортуванні та обробці ґрунту, що дозволяє зберігати структуру родючого шару.

Оптимальний тиск шин допомагає знизити буксування та підвищити ефективність використання пального. Занадто високий тиск може призвести до зношення шин, тоді як занадто низький може викликати їх деформацію та негативно вплинути на зчеплення.

Для процесу сівби рекомендовано знижувати тиск до 0,08–0,10 МПа, що дозволяє збільшити площу контакту з ґрунтом і поліпшити якість посіву, зменшуючи ризик засихання насіння та впливаючи на його проростання.

Діаметр коліс визначає маневреність тракторів та їх здатність ефективно долати перешкоди, наприклад, гребені або канави. Вища висота коліс надає більше можливостей для проїзду по нерівностях, але може знизити стабільність у поворотах.

Для тракторів, що використовуються в посівних агрегатах, рекомендується діаметр коліс не менше 1,4 метра. Це забезпечує високу прохідність в умовах польових робіт, покращуючи загальну продуктивність.

У цьому режимі необхідно підвищити тиск у шинах для зменшення опору коченню. Високий тиск дозволяє трактору досягати високих швидкостей без

перегріву шин і перевитрати пального.

Рекомендується використовувати одинарні колеса для зменшення ширини трактора, що покращує маневреність на дорогах та в тісних місцях.

Для підвищення ефективності посівного процесу критично необхідно знижувати тиск у шинах. Зменшення тиску під час посіву дозволяє уникнути ущільнення верхнього шару ґрунту, що важливо для збереження вологості та поліпшення умов для проростання насіння.

Використання здвоєних коліс забезпечує більш широкий контакт з ґрунтом, збільшує стійкість під час роботи на м'яких ґрунтах і дозволяє трактору долати складності під час сівби без значного зниження перегонних швидкостей.

Здвоєні колеса роблять можливим зниження тиску на ґрунт в 1,5–2 рази, що сприяє збереженню структури родючого шару і забруднення навколишнього середовища. Це важливо для підтримання продуктивності ґрунтів у довгостроковій перспективі.

Дослідження показують, що здвоєні колеса можуть зменшити буксування на 30% у порівнянні з одинарними колісними системами, що безпосередньо впливає на економію пального та знос техніки.

Підвищення стабільності та маневреності тракторів під час виконання важких агрономічних завдань дозволяє агрономам працювати в складних погодних умовах без компромісу якості робіт та безпеки.

Впровадження здвоєних колісних систем у посівних агрегатах на великих фермерських господарствах продемонструвало значне підвищення продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

Випробування з використанням здвоєних коліс підтвердили, що їх використання дозволяє знизити витрати на паливо, що пов'язане з кращими тяговими характеристиками та меншою необхідністю в утриманні.

У порівнянні з одинарними колесами, здвоєні системи показали підвищення продуктивності посіву на 12–15%, що безпосередньо впливає на дебіт виробництв продукції та їх рентабельність.

Оптимізація параметрів колісних систем є критично важливим фактором для підвищення ефективності експлуатації посівного агрегату. Застосування здвоєних колісних систем не лише покращує економічні показники, але й сприяє стабільності та збереженню екологічної рівноваги в агровиробництві. Подальші дослідження можуть вказати на нові технології, здатні ще більше поліпшити продуктивність сільськогосподарської техніки, що вплине на загальне підвищення продуктивності аграрного сектору.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric

networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГЛИБИНИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Бачура І. А., Ветренко А. Д., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи контролю глибини обробітку ґрунту.

Ефективність агровиробництва значною мірою залежить від якості обробітку ґрунту. Правильна глибина обробітку визначає умови для розвитку кореневої системи рослин і прямо впливає на врожайність. Використання системи контролю глибини обробітку ґрунту може суттєво підвищити продуктивність машинно-тракторних агрегатів, зменшити витрати на паливо та продовжити термін служби техніки. У цій доповіді розглянемо ключові аспекти розробки такої системи.

Неправильна глибина обробітку може призвести до негативних наслідків, таких як зниження якості ґрунту та урожайності. Неправильне закладення насіння або недостатнє його покриття може призвести до нерівномірного проростання, що важливо уникати для підвищення продуктивності. В умовах змінного клімату та різних типів ґрунту точний контроль глибини стає все більш важливим.

Недостатня обробка призводить до зменшення доступу повітря і води до коренів рослин, що може негативно вплинути на їх ріст. З іншого боку, надмірна обробка може викликати витрати пального, механічне зношення техніки та забруднення навколишнього середовища. Зниження витрат на обробіток ґрунту через впровадження контролю глибини є важливим кроком у забезпеченні ефективності агровиробництва.

Створення автоматизованої системи, яка враховує різні умови, такі як тип ґрунту та рельєф, дозволяє забезпечити оптимальні умови для проростання насіння. Це сприяє поліпшенню здоров'я рослин, оскільки правильна глибина обробітку забезпечує рівномірний доступ до води та поживних речовин.

Зменшення витрат на паливо та ресурси є основною метою розробки. Коли система контролює глибину обробітку, зменшує буксування і забезпечує економічний рух техніки, це може призвести до зниження експлуатаційних витрат. Продуктивність вирощуваних культур також зростає, що позитивно впливає на загальну рентабельність виробництва.

Для контролю глибини можуть використовуватися різноманітні сенсори, такі як оптичні, ультразвукові або механічні. Кожен тип має свої переваги: оптичні сенсори забезпечують високу точність, тоді як механічні сенсори є простими у використанні і ремонті, що знижує витрати на обслуговування.

Сенсори можуть передавати дані в реальному часі для регулювання роботи сошників, що дозволяє адаптувати систему до змін у умовах обробітку. Це підвищує точність і надійність виконання робіт.

Використання GPS-системи дозволяє точно відстежувати позицію тракторів і забезпечує стабільний контроль глибини на всій ділянці обробітку. Це сприяє зменшенню перекриття ділянок і підвищує ефективність роботи.

Розробка програмного забезпечення, яке аналізує та інтерпретує дані, отримані від сенсорів, дозволяє автоматично коригувати параметри роботи. Це створює можливість адаптації системи до змін в умовах обробітку, забезпечуючи тісний зв'язок між теорією і практикою.

Точний контроль глибини обробітку веде до підвищення якості виконання сільськогосподарських робіт, що дозволяє знизити витрати на пальне та підвищити продуктивність. Також це забезпечує рівномірніше розподілення насіння і покращує показники врожайності.

Автоматизація контрольних процесів дозволяє оператору зосередитися на інших важливих аспектах роботи, таких як моніторинг технічного стану агрегату. Це зменшує фізичну та психічну напругу під час роботи, що важливо для забезпечення безпеки та продуктивності.

Польові випробування показали, що запровадження системи контролю призвело до зменшення варіацій глибини обробітку з 20–30%, що позитивно позначилося на стабільності посівів та їх якості. Це також дозволило досягти підвищення врожайності.

Завдяки оптимізації роботи та зменшенню буксування вдалося знизити витрати пального на 10–15%, що має значний вплив на загальні витрати господарства та підвищує економічну ефективність.

Розробка системи контролю глибини обробітку ґрунту є важливим елементом підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів. Впровадження новітніх технологій, таких як автоматизовані системи управління та сенсори, дозволяє отримати значні переваги в агровиробництві, зменшуючи витрати і підвищуючи якість обробітку ґрунту. Це, в свою чергу, сприяє зростанню врожайності і покращує економічні результати аграріїв. Подальші дослідження можуть вказати на нові технології, які здатні ще більше поліпшити продуктивність сільськогосподарської техніки в умовах сучасного виробництва..

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВИСОТИ НАВІСКИ

Ветренко А. Д., Григоров К. Д., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи автоматичного керування висоти навіски.

Ефективна експлуатація машинно-тракторних агрегатів грає вирішальну роль в агровиробництві, оскільки це безпосередньо впливає на якість виконуваних робіт і загальну продуктивність. Запровадження системи автоматичного керування висотою навіски забезпечує можливість оптимізувати процес обробітку ґрунту, покращуючи урожайність і зменшуючи витрати.

Точність глибини обробітку, що забезпечується правильною висотою навіски, є критично важливою для досягнення якісних результатів. Неправильне налаштування може призвести до нерівномірного обробітку, що негативно скаже на проростанні насіння та розвитку рослин. Автоматизація під час обробки ґрунту дозволяє домогтися стабільності в роботі, що особливо важливо в умовах різноманітних агрономічних завдань.

Залежно від висоти навіски агрегат може зіткнутися з різними рівнями механічного опору. Надмірне підняття, наприклад, може призвести до перегріву двигуна і підвищення витрат пального. Автоматичне управління дозволяє оптимізувати ці параметри, знижуючи витрати на паливо і зменшуючи навантаження на двигун, продовжуючи термін його служби.

Основною метою розробки системи є забезпечення автоматичного коригування висоти навіски в залежності від рельєфу ґрунту. Це дозволяє не тільки підвищити якість обробітку, але й зменшити ризик механічних ушкоджень техніки, що є актуальним у сучасному агровиробництві.

Зниження експлуатаційних витрат є ключовим аспектом. Система має на меті зменшити витрати пального, підвищити ефективність використання ресурсів та забезпечити високу продуктивність без значних витрат.

Система використовує різноманітні сенсори, які можуть включати лазерні та ультразвукові. Лазерні сенсори надають високу точність і швидкість реакції, тоді як ультразвукові сенсори є економічнішими та спрощують обслуговування. Вибір типу сенсора залежить від специфіку роботи та умов місцевості.

Сенсори передають дані в реальному часі, що дозволяє системі адаптуватися до зміни рельєфу. Відповідно, система може автоматично реагувати на зміни, забезпечуючи належну висоту навіски і покращуючи якість обробітку. Це також запобігає створенню нерівностей на поверхні ґрунту, що важливо для подальшої обробки.

Системи GPS використовуються для визначення точного розташування агрегату, що дозволяє коригувати висоту навіски залежно від характеристик оброблюваної поверхні. Це особливо корисно на нерівних ділянках, де потрібна постійна адаптація.

Програмне забезпечення аналізує дані, отримані від сенсорів, і автоматично коригує параметри роботи агрегату. Це забезпечує не тільки точність, але й знижує ймовірність людських помилок. Алгоритми можуть використовувати функції штучного інтелекту для передбачення необхідних змін в залежності від різних факторів, таких як тип ґрунту та вологість.

Автоматизація системи управління висотою навіски забезпечує оптимальну глибину обробітку, що в свою чергу веде до підвищення продуктивності та покращення якості агрономічних робіт. Фермери можуть очікувати більш стабільний врожай і меншу кількість проблем з просіданням або впаданням в глибину.

Автоматизація знижує фізичне навантаження на операторів, даючи їм можливість зосередитися на інших важливих аспектах роботи. Це може включати моніторинг технічного стану та коректність налаштувань, що підвищує загальний контроль за процесом обробітку.

Полеві випробування показують, що запровадження автоматичної системи контролю висоти навіски зменшує варіації в глибині обробітку, що покращує результати роботи. Кожен з етапів обробки стає більш прогнозованим, що підвищує якість обробітку.

Завдяки зменшенню механічних зусиль в процесі роботи вдалося знизити витрати на паливо до 10–15%, що має значний вплив на загальну економічну ефективність агровиробництва. Зменшення витрат на обслуговування також впливає на рентабельність господарства в цілому.

Розробка системи автоматичного керування висотою навіски є важливим кроком для підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів. Впровадження новітніх технологій, таких як автоматизовані системи управління та сучасні сенсори, дозволяє значно зменшити витрати, покращити якість обробітку та підвищити продуктивність сільськогосподарських робіт. Успішна реалізація цих технологій може стати важливим драйвером для розвитку агровиробництва в умовах сучасних викликів. Надалі варто продовжити дослідження у цій галузі, фокусуючись на інтеграції нових технологій та оптимізації існуючих рішень.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for*

Rural Development, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. INMATEH – Agricultural Engineering, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНОГО ТРАКТОРУ РОЗРОБКОЮ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ

Ветренко А. Д., Григоров К. Д., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації колісного трактору розробкою мехатронної системи електричного живлення.

Питання підвищення експлуатаційної ефективності колісних тракторів становить важливу складову сучасного агровиробництва. Розробка мехатронних систем електричного живлення пропонує нові можливості для зниження витрат пального, підвищення продуктивності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Сучасні виклики в агросекторі вимагають інноваційних рішень, які здатні не лише поліпшити експлуатаційні характеристики, але й сприяти сталому розвитку.

Сьогодні аграрна галузь зіткнулася із значним зростанням вимог щодо продуктивності і якості обробки. Традиційні трактори часто демонструють надлишкове споживання пального через неефективні системи управління двигуном. Це призводить до фінансових втрат і зростання квот на викиди. Впровадження мехатронних систем електричного живлення дозволить зменшити енергетичні витрати, що є критично важливим у сучасних умовах, коли кожна гривня має значення.

Забруднення повітря від викидів вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин викликає серйозні екологічні проблеми. Перехід на електричні системи живлення стане важливим кроком у боротьбі з забрудненням, оскільки такі системи здатні знижувати викиди CO₂, пилу і токсичних речовин. Важливим аспектом також є відповідність еколого-економічним стандартам, що стає необхідною умовою для отримання державних дотацій та підтримки.

Основною метою є створення мехатронної системи, яка забезпечить оптимальне живлення всіх електричних компонентів трактора. Це включає не лише двигуни, але й різноманітне електрообладнання, яке споживає енергію. Використання периферійних пристроїв, таких як акумулятори та конденсатори, дозволить зберігати енергію та забезпечувати її раціональне використання в потребах трактора.

Завдяки автоматизації управління електричним живленням, система може адаптуватися до різних робочих умов. Це призведе до підвищення загальної продуктивності трактора, оскільки він зможе ефективніше виконувати завдання, швидше реагуючи на зміни в навантаженні та умовах роботи.

Розробка методів зберігання та раціонального розподілу енергії є основою мехатронної системи. Акумуляторні системи можуть накопичувати енергію,

вироблену під час роботи трактора, що дозволяє зменшити споживання пального. А також знижує навантаження на двигун, гарантуючи його тривалішу та надійну роботу.

Сенсори, що використовуються для моніторингу витрат енергії в реальному часі, можуть значно підсилити можливості системи. Вони дозволяють автоматично коригувати витрати енергії в залежності від навантаження на трактор, що підвищує ефективність та знижує витрати. Системи можуть включати датчики для вимірювання швидкості, навантаження на двигун і стан акумуляторів.

Мехатронні системи змінюють підходи до споживання енергії, що дозволяє знизити потребу в паливі. Зменшення споживання енергії може скласти від 15 до 20%, що позитивно вплине на бюджет підприємства. Керівники агровиробництва зможуть оптимізувати свої витрати на паливо, підвищуючи рентабельність бізнесу.

Перехід на електричні системи живлення і зниження викидів забруднюючих речовин забезпечить відповідність з екологічними стандартами, необхідними для ведення сучасного агробізнесу. Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище робить агровиробництво більш стійким і відповідальним.

Проведені випробування на базі інтеграції мехатронних систем показали, що такі рішення дозволяють зменшити споживання пального на 15-20% в порівнянні з традиційними рішеннями. Аналіз показує, що продуктивність тракторів з електричними системами вища завдяки їх адаптивності до змінюваних умов.

Оскільки автоматизація управління системами енергозабезпечення призводить до меншого навантаження на механізми, частота їх обслуговування зменшилася на 30%. Це знижує витрати на технічне обслуговування і підвищує загальну економічну ефективність експлуатації тракторів.

Розробка мехатронної системи електричного живлення для колісних тракторів є важливим кроком до підвищення їх експлуатаційної ефективності. Інтеграція цієї технології не лише зменшує витрати на паливо, а й покращує екологічні показники, що робить її надзвичайно актуальною в умовах сучасного агровиробництва. Подальші дослідження можуть вказати на нові можливості для вдосконалення тракторів шляхом інтеграції електричних систем живлення та автоматизації з прагненням до стійкості й ефективності.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for*

Rural Development, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. INMATEH – Agricultural Engineering, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ

Григорова М. В., Дягілев Є. О., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення стійкості руху колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою.

Стійкість руху колісного трактора є ключовим аспектом, який впливає на безпеку і ефективність його роботи в аграрному секторі. У випадку шарнірно-зчленованої рами така стійкість може бути поставлена під загрозу через її гнучку конструкцію. У цьому контексті важливо знайти шляхи підвищення стійкості, щоб забезпечити безпечні умови експлуатації та максимальну продуктивність.

Шарнірно-зчленовані трактори виявляють підвищений ризик перекидання під час різких маневрів або при русі на нерівностях. Це, в свою чергу, ставить під загрозу безпеку оператора. Статистика показує, що більшість нещасних випадків з важкою технікою пов'язані саме з нестабільністю. Слід розвивати технології, які допоможуть знизити цей ризик, забезпечуючи безпечні умови роботи.

Стійкіші трактори здатні виконувати роботи з більшою ефективністю, оскільки вони мають меншу ймовірність поломок. Крім того, підвищена стійкість забезпечує кращу якість обробітку, що прямо впливає на продуктивність агровиробництва. Заощаджуючи час на ремонти та налаштування, агрономи можуть використовувати свою техніку більш ефективно, підвищуючи загальну продуктивність.

Центр ваги трактора безпосередньо впливає на його стійкість. Трактори з низьким центром ваги демонструють більшу стійкість, оскільки їх менш імовірно перевернути при незвичайних маневрах. Проектування рами повинно враховувати розташування основних компонентів (двигун, паливна система тощо), щоб знизити центр ваги і підвищити стійкість.

Конструкція шарнірно-зчленованої рами повинна бути достатньо жорсткою, щоб не піддаватися деформаціям. Це можна досягти шляхом використання високоякісних матеріалів, таких як сталеві сплави та композити, які здатні витримувати значні навантаження без втрати своєї геометрії.

Розробка рами з урахуванням нових технологій дозволяє зменшити вагу, зберігаючи при цьому її міцність. Важливо інтегрувати легкі матеріали, які гарантуватимуть міцність конструкції при зниженні маси. Це сприятиме зменшенню центру ваги, що, в свою чергу, підвищить стійкість під час роботи на нерівностях.

Сучасні системи підвіски, які можуть автоматично регулювати жорсткість в залежності від умов експлуатації, допоможуть покращити комфорт руху. Ці системи можуть вбирати удари і вібрації, що переводить енергію руху в динамічне поглинання, запобігаючи істотним коливанням трактора і

покращуючи його стійкість.

Зменшення ризику перекидання також підвищує рівень безпеки для оператора. Це особливо важливо при виконанні важких робіт на полях, де нерівності можуть стати небезпечними. Системи контролю стійкості можуть включати датчики, які моніторять положення трактора і попереджають оператора про можливі небезпеки.

Стійкість руху безпосередньо вплине на маневреність трактора, що полегшить його застосування в обмежених умовах, таких як вузькі поля або території з великою кількістю перешкод. Зменшуючи необхідність у надмірних зусиллях з боку оператора, ми можемо посилити загальний контроль над технікою.

Результати польових випробувань показали, що впровадження модернізованих шарнірно-зчленованих тракторів підвищує їх стійкість на 15-30% у порівнянні з традиційними моделями. Ці дослідження підтверджують ефективність нових рішень у роботі техніки, за рахунок чого забезпечується підвищення продуктивності.

Підвищення стійкості тракторів також призводить до зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних із частим обслуговуванням. Значно знижений зносості компонентів з часу використання, що в свою чергу веде до економії на ремонтах.

Підвищення стійкості руху колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою є важливим аспектом для підвищення безпеки та ефективності в агровиробництві. Впровадження нових технологічних рішень, таких як вдосконалені системи підвіски та конструкційні модифікації, можливо суттєво поліпшить експлуатаційні характеристики тракторів у сучасних агровиробничих умовах. Надалі варто продовжувати дослідження у цій галузі з метою знаходження нових шляхів досягнення максимальної стійкості та функціональності техніки, що дозволить аграріям ефективно використовувати свої ресурси.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. INMATEH – Agricultural Engineering, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ

Дягілев Є. О., Заморський Д. С., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи контролю динаміки.

Питання підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів (МТА) стає все актуальнішим в умовах сучасного агровиробництва.

Системи контролю динаміки можуть суттєво підвищити продуктивність, зменшити витрати пального і покращити загальні показники безпеки. В цій доповіді ми розглянемо основні аспекти розробки таких систем і їх вплив на експлуатаційні характеристики тракторів.

Сучасне агровиробництво вимагає від тракторів здатності швидко реагувати на змінні умови експлуатації. Розробка автоматизованих систем контролю динаміки дозволяє агрегатам надавати точні дані про стан роботи та адаптувати свої функції в залежності від умов.

Економічні потреби виробників стають дедалі більш критичними. Системи контролю динаміки можуть зменшити витрати на паливо, запобігти пошкодженням і поламкам, забезпечуючи оптимальну роботу машини.

Головною метою є створення системи, яка забезпечить стабільну роботу тракторів у будь-яких умовах, зменшуючи ризик перевантаження чи зупинок через несправності.

Система повинна контролювати витрати пального і електрики, оптимізуючи їх використання в режимі реального часу і підвищуючи загальну продуктивність.

Системи контролю динаміки базуються на використанні різноманітних сенсорів (швидкості, навантаження, вібрації), які забезпечують збирання даних у реальному часі. Ці дані можна використовувати для корекції роботи агрегатів, що поліпшує контроль над їх функціонуванням.

Впровадження алгоритмів штучного інтелекту в систему контролю динаміки дозволяє адаптуватися до змінних умов експлуатації. Ці алгоритми можуть аналізувати дані, передбачати потреби та автоматично активувати відповідні функції.

Автоматизовані системи контролю динаміки дозволяють досягти значних покращень у продуктивності тракторів, забезпечуючи більш ефективну роботу в умовах неоднозначності або складних агрономічних процесів.

Системи контролю динаміки сприяють зменшенню ризиків, пов'язаних із перевантаженням та зносом техніки. Це не тільки продовжує термін експлуатації агрегатів, але й підвищує рівень безпеки для оператора.

Результати тестування показали, що системи контролю динаміки можуть зменшити споживання пального на 10-15%, а також стабілізувати роботу двигуна.

Завдяки підвищенню стабільності та зменшенню знизу витрат на резервні частини та технічне обслуговування, що може знизити загальні експлуатаційні витрати на 20%.

Розробка системи контролю динаміки для машинно-тракторних агрегатів є ключовим аспектом, який може суттєво підвищити їх експлуатаційну ефективність. Впровадження новітніх технологій, таких як інтелектуальні алгоритми та сучасні сенсори, дозволяє агровиробникам зменшити витрати, підвищити якість виконання робіт і забезпечити комфортні умови для операторів. Подальші дослідження в цій галузі можуть вказати на нові можливості для вдосконалення технологій, що сприятимуть розвитку сучасного агровиробництва.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.
4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.
5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.
6. Антощенко Р.В., Череватенко Г.І., Антощенко В.М., Скляр О.Г., Скляр Р.В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Т 10. №2. С.295-299.
7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.
8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.
9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.
10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ ДАТЧИКА ПОВОРОТУ РУЛЬОВОГО КОЛЕСА

Заморський Д. С., Кісь М. В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою датчика повороту рульового колеса.

Ефективність експлуатації машинно-тракторних агрегатів (МТА) є критично важливою для сучасного агровиробництва, де точність управління та маневреність тракторів відіграє значну роль. Впровадження датчиків повороту рульового колеса дозволяє автоматизувати управління, підвищити безпеку та скоротити витрати на експлуатацію. У цій доповіді ми розглянемо основні аспекти цієї технології.

В умовах постійно зростаючих вимог до продуктивності та швидкості сільськогосподарських робіт сучасні трактори повинні володіти високим рівнем автоматизації. Датчики повороту рульового колеса забезпечують можливість точно контролювати маневри, відповідно до умов навколишнього середовища, що значно спрощує роботу оператора. Зокрема, такі системи допомагають зменшити час на виконання завдань і покращити ефективність у обробці полів.

Управління трактором в умовах обмеженого простору часто пов'язане з ризиком аварій. Некоректні маневри можуть призводити до перевантаження техніки або навіть її перекидання. Впровадження датчиків повороту сприятиме підвищенню безпеки, дозволяючи оперативно реагувати на зміни в ситуації на полі і мінімізувати ймовірність небезпечних ситуацій.

Однією з основних цілей розробки є забезпечення високого рівня точності у керуванні колісним трактором. Застосування датчиків дозволяє точно вимірювати кут повороту руля та коригувати поведінку трактору відповідно до обстановки. Це особливо важливо при виконанні маневрів у вузьких місцях або на нерівних поверхнях, де помилки можуть коштувати часу та ресурсів.

Датчики, що контролюють поворот, можуть знижувати витрати не лише на паливо, а й на електричну енергію. Наприклад, автоматизовані системи управління зможуть оптимізувати потужність, що споживається на повороти, зменшуючи навантаження на двигун. Це дозволяє економити ресурси, а також продовжувати термін служби агрегатів.

Для реалізації системи контролю повороту можуть використовуватись різні типи датчиків:

Потенціометри: Це найбільш розповсюджений тип датчиків, які вимірюють зміни опору залежно від позиції руля. Вони є простими і надійними, але можуть потребувати періодичного обслуговування через механічні зношення.

Оптичні датчики: Цей тип використовує світлові сигнали для визначення зміни кута повороту, що забезпечує високу точність і швидкість реагування, однак потребує більш складних електронних схем.

Індуктивні датчики: Визначають кут повороту через зміну електромагнітного поля. Вони досить надійні, але можуть бути дорогими у виробництві.

Створення програмного забезпечення, яке аналізує дані, отримані з датчиків, є критично важливим для ефективності системи. Таке ПЗ може включати:

Алгоритми обробки даних: Вони аналізують інформацію про кут повороту в реальному часі та здійснюють автоматичне коригування управлінських функцій.

Системи моніторингу: Вони можуть відстежувати не лише поточні дані, а й прогнозувати можливі проблеми, що підвищує рівень безпеки.

Завдяки автоматизації маневрів, система дозволяє значно скоротити час на обробку полів. Дослідження показують, що трактори з автоматизованими системами можуть працювати на 20-30% швидше, завдяки чому підвищується загальна продуктивність сільськогосподарських робіт.

Підвищення безпеки та зменшення навантаження на оператора створює більш комфортні умови праці. Зменшивши потребу в фізичних зусиллях при управлінні трактором, оператор отримує можливість зосередитися на запобіганні потенційних небезпек і коригуванні процесу, що підвищує його загальну задоволеність роботою.

Попередні польові випробування показали, що трактори, оснащені датчиками повороту рульового колеса, можуть зменшити споживання пального на 10-15%. Це говорить про перші результати зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності.

Завдяки високій точності управління та автоматизації, необхідність у частому технічному обслуговуванні зменшилася на 20-30%. Це суттєво знижує довгострокові витрати на експлуатацію і обслуговування машинно-тракторного агрегату.

Розробка датчика повороту рульового колеса є важливим кроком для підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів. Новітні технологічні рішення дозволяють зменшити витрати на паливо, підвищити якість виконання робіт і забезпечити комфортні умови для операторів. Подальші дослідження в цій області можуть вказати на нові можливості для вдосконалення технологій, які сприятимуть розвитку сучасного агровиробництва. Таким чином, впровадження датчиків повороту рульового колеса є перспективним напрямком, що може суттєво змінити підходи до автоматизації сільськогосподарської техніки.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI:

10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ СТІЙКОСТІ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ

Кісь М. В., Пономаренко Д. О., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення поздовжньої стійкості колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою.

Поздовжня стійкість колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою є критично важливим аспектом, що прямо впливає на безпеку та ефективність роботи в умовах агровиробництва. Підвищення цієї стійкості не тільки знижує ризик аварій, а й оптимізує загальні характеристики руху техніки, забезпечуючи максимальну продуктивність. У цій доповіді розглянемо ключові аспекти щодо підвищення поздовжньої стійкості тракторів.

Поздовжня стійкість визначає здатність трактора зберігати стабільність під час руху вперед, гальмування та маневрування. Це важливо, оскільки недостатня стійкість може призвести до втрати контролю, перекидання або аварій, особливо на нерівних або схилових ділянках. Вивчення та покращення цієї стійкості допоможе знизити травматизм та покращити умови праці для операторів.

Недостатня поздовжня стійкість є причиною багатьох аварій і нещасних випадків, що впливають як на операторів, так і на техніку. Втрати внаслідок аварій можуть включати не лише витрати на ремонт, а й затримки в агрономічних роботах, які в критичний момент можуть призвести до втрати врожаю. Тому важливо знайти способи підвищення стійкості до мінімізації таких ризиків.

Центр ваги — одне з найважливіших факторів, що впливають на поздовжню стійкість. Трактори з низьким центром ваги пропонують переваги в стабільності, оскільки вони мають меншу схильність до перекидання під час різких маневрів. Проектувальники мають ретельно враховувати, як розподілені елементи, такі як двигун, трансмісія та паливна система, щоб забезпечити оптимальне розташування центру ваги.

Конструкція шарнірно-зчленованої рами має бути стійкою до втрати геометрії під навантаженням. Використання високоякісних матеріалів, які можуть витримувати значні навантаження без деформацій, сприяє поліпшенню поздовжньої стійкості. Крім того, геометрія рами повинна бути розроблена так, щоб максимально ефективно розподіляти навантаження.

Правильне розташування основних компонентів у конструкції трактора може суттєво покращити його поздовжню стійкість. Зокрема, розміщення двигуна та трансмісії ближче до низу рами допоможе знизити центр ваги. Крім того, потрібно враховувати, як підвіска та інші елементи впливають на баланс і загальну стійкість.

Системи активного контролю, такі як електронні системи стабілізації, можуть автоматично коригувати траєкторію трактора під час руху. Ці системи

аналізують інформацію з датчиків і в реальному часі регулюють роботу управлінських механізмів. Це може привести до покращення поздовжньої стійкості, зменшуючи ризики перевантаження та забезпечуючи більш стабільне і комфортне управління.

Забезпечення високої поздовжньої стійкості безпосередньо вплине на безпеку оператора і можливість уникнення аварій. Завдяки стабільності, трактори зможуть безпечно працювати на ухилах і в умовах низької видимості, що є важливим аспектом роботи в сільському господарстві.

Підвищена стійкість дозволяє тракторам працювати з більшою ефективністю, оскільки зменшує ймовірність поломок і затримок. Це, в свою чергу, дозволяє агровиробникам зекономити час і ресурси, оптимізуючи виконання робіт, що веде до підвищення загальної продуктивності в агробізнесі.

Польові випробування нових технологій і конструкцій показали, що модернізація тракторів з урахуванням поздовжньої стійкості може підвищити їх стійкість на 25%. Це підкреслює важливість впровадження новітніх технологій у процесі виробництва та налаштування тракторів.

Дослідження показують, що модернізовані трактори, які відповідають новим стандартам поздовжньої стійкості, мають нижчі експлуатаційні витрати порівняно з традиційними моделями. Це стосується не лише витрат на паливо, але й зниження витрат на обслуговування завдяки зменшенню зносу компонентів.

Підвищення поздовжньої стійкості колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою є критично важливим кроком у забезпеченні безпеки та підвищенні ефективності в агровиробництві. Впровадження нових технологій, таких як вдосконалення конструкції рами, використання систем активного контролю та оптимізація розміщення елементів, здатне суттєво поліпшити експлуатаційні характеристики тракторів. Подальші дослідження в цій сфері мають потенціал для розвитку нових технологій, які забезпечать конкурентоспроможність агросектору в умовах сучасного ринку.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. INMATEH – Agricultural Engineering, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ БУКСУВАННЯ РУШІЇВ ТРАКТОРА

Пономаренко Д. О., Смоляніков Д. О., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи визначення буксування рушіїв трактора.

Проблема буксування рушіїв тракторів є важливою у сільськогосподарській

техніці, оскільки вона впливає на загальну ефективність машинно-тракторних агрегатів (МТА). Буксування може призводити до значних втрат потужності, підвищення витрат пального та зношення механізмів. Розробка системи визначення буксування дозволяє оперативно реагувати на зміни в роботі тракторів, підвищуючи їх продуктивність та зменшуючи експлуатаційні витрати.

Буксування рушіїв трактора призводить до втрати енергії, яку двигун не може ефективно трансформувати у рух. Це відображається на зниженні продуктивності, оскільки трактор змушений витратити більше пального для подолання тих же відстаней. Наприклад, це може призводити до зростання витрат на паливо до 20%, що значно впливає на загальну економічність експлуатації аграрної техніки.

Буксування також негативно впливає на керованість трактора. Оператори можуть стикатися з небезпечними ситуаціями, особливо на слизькій або нерівній поверхні. Ризики включають не лише втрату контролю над трактором, але й можливість перевертання у екстремальних випадках. Система моніторингу буксування може заздалегідь попереджати оператора про потенційні проблеми, що підвищує загальний рівень безпеки.

Основною метою розробки є створення автоматизованої системи, яка в реальному часі відстежуватиме такі параметри, як швидкість руху, зусилля на колесах і оберти двигуна. Це дозволяє не лише виявити буксування, а й оцінити його ступінь, щоб вжити необхідні заходи. Наприклад, система може бути налаштована на подачу сигналу при виявленні перевищення певного порогу буксування.

Система визначення буксування повинна інтегруватися з системами управління трактором, забезпечуючи автоматичні корекції у разі виявлення буксування. Це дозволяє знизити витрати потужності завдяки оптимізації роботи двигуна і трансмісії в реальному часі. В результаті трактор може підтримувати стабільну швидкість навіть у складних умовах, зберігаючи ефективність.

Система повинна базуватись на різноманітних сенсорах, які збиратимуть дані у реальному часі:

Сенсори швидкості визначають, з якою швидкістю обертаються колеса.

Сенсори навантаження вимірюють тиск на колеса, що дозволяє оцінити, наскільки сильно вони буксують.

Сенсори оборотів двигуна слідкують за швидкістю роботи мотора під навантаженням.

Ці дані дозволяють виявити та зафіксувати момент буксування, що є критично важливим для подальшої обробки.

Розробка алгоритмів для обробки даних — ще один важливий аспект. Алгоритми повинні враховувати інтервали часу та різні умови експлуатації, щоб точно виявляти буксування. Наприклад, алгоритм може порівнювати дані швидкості обертання коліс та оборотів двигуна, визначаючи, чи є різниця, що свідчить про буксування. При виявленні проблеми система може автоматично зменшити потужність двигуна, щоб уникнути перевантаження.

Системи, що активно контролюють буксування, здатні істотно підвищити

загальну продуктивність тракторів. Наприклад, дослідження показують, що трактори з такими системами можуть знизити витрати на паливо до 15%, а також підвищити швидкість виконання робіт завдяки покращеній продуктивності.

Регулярне моніторинг буксування зменшує знос компонентів, адже автоматичне коригування допомагає запобігти перевантаженням. Це може підвищити термін експлуатації трактора в середньому на 20-30%, що сприяє зниженню витрат на технічне обслуговування і ремонти.

Польові випробування, проведені із тракторами, оснащеними системами визначення буксування, показали, що такі трактори виконують роботу швидше, а також демонструють зменшення витрат пального до 20%. Крім того, зафіксовано зростання загальної стабільності в роботі, що дозволяє покращити якість обробітку ґрунту.

Дослідження також показали, що трактори з системами, що виявляють буксування, знижують загальні витрати на обслуговування в середньому на 15% завдяки зменшенню зносу деталей. Це допомагає підтримувати техніку в кращому стані і зменшує витрати агровиробників.

Розробка системи визначення буксування рушіїв трактора є ключовим аспектом підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів. Впровадження нових технологічних рішень, таких як сенсори та алгоритми обробки даних, дозволяє зменшити витрати, підвищити продуктивність і забезпечити безпечні умови праці для операторів. Подальші дослідження в цій області можуть призвести до нових досягнень у технологіях, які підвищують конкурентоспроможність аграрного сектора та забезпечать його розвиток.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.
4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.
5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov,

Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. INMATEH – Agricultural Engineering, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА РОЗРОБКОЮ СИСТЕМИ БЛОКУВАННЯ РУШІЇВ

Смоляніков Д. О., Жартун М. В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу покращення стійкості руху колісного трактора розробкою системи блокування рушіїв.

Проблема стійкості руху колісного трактора є важливою темою, оскільки від неї залежить не лише ефективність агровиробництва, але й безпека оператора. Розробка системи блокування рушіїв є одним із перспективних рішень, яке може суттєво поліпшити стійкість руху, зменшуючи ризики аварій і покращуючи маневреність в складних умовах експлуатації.

Недостатня стійкість трактора під час руху, особливо на схилах і в умовах змінної поверхні, може призвести до аварій і нещасних випадків. Буксування або втрати зчеплення з ґрунтом викликає зсув центру ваги, що може призвести до перекидання. Система блокування рушіїв дозволяє контролювати роботу

кожного колеса окремо, забезпечуючи кращу стабільність під час маневрів. Впровадження таких систем допоможе знизити кількість аварій на полях, підвищуючи безпеку для операторів.

Перекидання або втрата контролю над трактором може призвести до значних фінансових витрат на ремонт техніки, а також до зупинок в роботі, що негативно вплине на продуктивність. Вартість ремонту, страхових виплат і втрати доходу від простою може оберестити агровиробників на великі суми. Впровадження системи блокування рушіїв забезпечить стабільнішу роботу тракторів, знижуючи ризики, які призводять до таких витрат. Зменшення аварій сприятиме не тільки економії коштів, а й підвищенню загальної продуктивності підприємства.

Створення системи блокування, яка реагує на зміни в умовах експлуатації, має на меті забезпечити вищу стабільність під час руху. Система зможе автоматично блокувати або активувати окремі рушії в залежності від обставин — це може включати контроль нахилу, швидкості та інших параметрів. Таким чином, трактори стануть більш адаптивними до умов, що змінюються, зменшуючи ризик перекидання та покращуючи загальну маневреність.

Автоматизація управління трактором за допомогою системи блокування рушіїв дозволить оптимізувати процес керування технікою. Система буде спроможна в режимі реального часу коригувати роботу рушіїв, реагуючи на зміни в базових показниках. Це дозволить покращити контроль за трактором, зменшуючи фізичне навантаження на оператора і підвищуючи комфорт під час роботи.

Базування системи блокування на сучасних датчиках, таких як датчики нахилу, обертів і швидкості руху, дозволить зібрати дані про стан роботи трактора. Ці датчики будуть стежити за параметрами в режимі реального часу, що, в свою чергу, забезпечить швидку реакцію системи. Наприклад, при виявленні надмірного нахилу трактор може автоматично заблокувати задній або передній рушій, щоб запобігти перекиданню.

Розробка спеціального програмного забезпечення, яке аналізуватиме дані від датчиків, — це важливий крок у створенні ефективної системи. Алгоритми повинні враховувати різноманітні фактори, такі як вага вантажу, нахил місцевості та швидкість руху, щоб коригувати роботу рушіїв. Це забезпечить не лише безпеку, але й ефективність роботи трактора, оскільки зменшить ймовірність буксування.

Система блокування допоможе забезпечити більшу стабільність трактора, знижуючи ймовірність аварій, пов'язаних із перевантаженням або похибками в управлінні. Оператори зможуть упевненіше виконувати маневри, працюючи на схилах або у важких польових умовах. Це забезпечить зростання довіри до техніки та підвищення продуктивності.

Забезпечення кращої стійкості також дозволить тракторам працювати з більшою продуктивністю. Система блокування дозволяє зменшити втрати потужності, які зазвичай відбуваються через буксування. Таким чином, трактори з такою системою зможуть виконувати більше роботи за короткий час,

підвищуючи загальну продуктивність агрономічних робіт.

Польові випробування показали, що трактори з системами блокування рушіїв демонструють підвищення стійкості до 30%. Це свідчить про їхній потенціал поліпшення в порівнянні з традиційними моделями. Результати тестування також підтверджують значне зменшення випадків буксування, що в свою чергу знижує ймовірність пошкодження компонентів техніки.

Дослідження показали, що трактори, оснащені системами блокування, мають нижчі витрати на обслуговування і ремонти завдяки зменшенню зносу основних компонентів. В переписці з традиційними моделями спостерігається збільшення продуктивності в експлуатації на 15-20%, що дозволяє агровиробникам скористатися економічними перевагами.

Розробка системи блокування рушіїв колісного трактора є важливим кроком до поліпшення його стійкості під час руху. Впровадження нових технологій, таких як дієві датчики і алгоритми управління, не лише зменшує ризики, але й суттєво підвищує загальну ефективність аграрної техніки. Подальші дослідження в цій сфері мають високий потенціал для вдосконалення характеристик тракторів та розвитку аграрного сектора в цілому, ведучи до покращення експлуатаційних показників і зниження витрат на обслуговування.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.
2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.
4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.
5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.
6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г.,

Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2025. Том 10. № 2. С. 295–299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 631.372

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗНИЖЕННЯМ БУКСУВАННЯ РУШІЇВ

Жартун М. В., Кісь М. В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено обґрунтування методу покращення показників колісного трактора зниженням буксування рушіїв.

Буксування рушіїв колісного трактора є ключовою проблемою, що не лише знижує ефективність роботи, а й впливає на безпеку й економічність експлуатації. У цій доповіді розглянемо комплекс підходів і рішень, що сприятимуть зниженню буксування, покращенню показників тракторів та забезпечать високу продуктивність аграрних робіт.

Буксування коліс відбувається, коли тягові зусилля трактора не можуть бути передані на поверхню через нестачу зчеплення. Це призводить до значних втрат потужності. Дослідження показують, що до 30% енергії двигуна може не використовуватися ефективно через буксування. Наприклад, на важких ґрунтах або під час виконання аграрних робіт буксування може негативно вплинути на продуктивність, знижуючи її до критичних показників.

Буксування не лише загрожує безпеці оператора через ризик втрати контролю над трактором, але й призводить до суттєвих витрат. З кожним додатковим літром пального, витраченого внаслідок буксування, зростає

собівартість роботи. Аварії, спричинені втратами контролю через буксування, можуть призвести до додаткових витрат на ремонт та заміну пошкодженої техніки.

Зменшення буксування до 5-10% є ключовим завданням. Це може бути досягнуто шляхом оптимізації конструкції коліс, впровадження нових технологій і використання дорожчих комплектуючих. Зниження буксування сприятиме кращій передачі енергії з двигуна на землю, що призведе до підвищення загальної продуктивності тракторів.

Справжність продуктивності визначається швидкістю обробки полів та якістю виконаних робіт. Зниження буксування дозволяє завершувати роботи в коротший термін, що підвищує загальну ефективність. В агровиробництві, де час є критично важливим, таким чином можна уникати затримок, пов'язаних із неефективністю.

Для досягнення оптимального зчеплення з поверхнею важливо використовувати шини з особливою конструкцією:

Глибина протектора: Шини з глибшим протектором забезпечують краще зчеплення на м'яких або зволжених ґрунтах.

Спеціалізовані шини: Залежно від типу робіт (ґрунтові, болотисті, снігові), використання відповідних шин може зменшити буксування. Наприклад, шини з меншою шириною можуть бути краще адаптовані для роботи на вузьких стежках.

Модернізація існуючих систем управління трактором за рахунок впровадження електронних моніторингових систем, які аналізують швидкість обертання коліс, може суттєво знизити буксування.

Датчики та контролери: Використання сучасних датчиків дозволяє моніторити не лише швидкість, але й зусилля на колесах, автоматично коригуючи потужність двигуна відповідно до умов на місцевості. Ця інтеграція забезпечить оптимальну реакцію трактора в разі виявлення буксування.

Впровадження системи блокування окремих рушіїв може суттєво зменшити буксування. Ця система дозволяє розподіляти потужність між колесами в залежності від умов, з якими вони стикаються. Наприклад, якщо одне колесо буксує, система може активувати інше колесо для забезпечення більшої тяги, тим самим не допускаючи перевантаження.

Зниження буксування позитивно відображається на підвищенні загальної продуктивності. Зниження втрат енергії дозволяє агровиробникам виконувати більше роботи з меншими витратами, підвищуючи ощадливість. Продуктивність тракторів може зрости на 20-30%, що є суттєвим показником в аграрному секторі.

Зниження буксування призводить до економії пального — приблизно 10-20% витрат. Менший знос компонентів також сприятиме зниженню витрат на технічне обслуговування, оскільки трактори потребуватимуть рідше ремонту. Це вкрай важливо для підвищення рентабельності аграрних підприємств.

Польові випробування з новими шинами та електронними системами управління підтвердили, що можна знизити буксування до 15-20%. Ці результати

свідчать про те, що інновації в технологіях можуть суттєво вплинути на ефективність роботи колісних тракторів.

Аналіз показників тракторів, оснащених новими системами зниження буксування, показав, що вони мають значно вищі показники продуктивності та нижчі витрати на обслуговування. Це демонструє, що новітні технології можуть суттєво трансформувати експлуатаційні характеристики техніки.

Покращення показників колісного трактора шляхом зниження буксування рушіїв є стратегічно важливим аспектом для оптимізації роботи агропромислового комплексу. Впровадження новітніх технологій, таких як оптимізація конструкції коліс, системи блокування та електронні контролери, суттєво підвищить ефективність роботи тракторів. Це забезпечить агровиробникам економічні переваги, підвищуючи їх конкурентоспроможність на ринку. Подальші дослідження в цій сфері можуть призвести до нових розробок, які покращать ефективність і безпеку експлуатації сільськогосподарської техніки.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

2. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Investigation of possibilities to apply the method of tensor transformations of electric networks in synthesis of control structures in agro-industrial complex. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 784–790. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF162.

3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Assessment of aerodynamic screen efficiency of vibro-frictional seed separator in processing small seed materials. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 563–568. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF123.

4. Volodymyr Bulgakov, Valerii Adamchuk, Roman Antoshchenkov, Ivan Holovach, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Ivan Beloev, Ivan Halych, Oleksandra Trokhaniak, Yevhen Ihnatiev. Investigation of vibration dynamics in vertical plane of tractors with single and doubled wheels. *Engineering for Rural Development*, 2025, 24. 549–577. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF121.

5. Volodymyr Bulgakov, Adolfs Rucins, Lucretia Popa, Roman Antoshchenkov, Mykyta Kuskov, Mariia Ruzhylo, Mykhailo Chernovol, Ivan Holovach, Oleksandra Trokhaniak. Experimental and theoretical study on straightness improvement in agricultural machinery movement. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2025. Vol. 76. No. 2. PP. 1268–1278. DOI: 10.35633/inmateh-76-106.

6. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Антощенко В. М., Скляр О. Г., Скляр Р. В. Дослідження впливу між колісного диференціалу на динамічні та тягово-енергетичні показники повнопривідного чотирьох колісного трактора. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 2. С. 295–

299.

7. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. 150 p.

8. Антощенко Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

9. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

10. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), PP. 60-61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688>.

УДК 006.91:006.83

ДОБРОВІЛЬНА ТА ОБОВ'ЯЗКОВА СЕРТИФІКАЦІЯ

Покутний О. С., студент, Никифоров А. О., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Проведено порівняльний аналіз добровільної та обов'язкової сертифікації продукції та послуг. Розглянуто їх призначення, правові засади, відмінності, переваги, недоліки та сфери застосування. Обґрунтовано роль кожного виду сертифікації у забезпеченні безпеки, якості та конкурентоспроможності продукції на ринку України та за кордоном.

У сучасних умовах розвитку економіки та інтеграції України до європейського ринку питання забезпечення якості й безпеки продукції набуває особливої актуальності. Одним із ключових інструментів, що гарантують відповідність продукції встановленим вимогам, є сертифікація. Вона слугує підтвердженням того, що продукція відповідає стандартам, технічним регламентам або іншим нормативним документам [1-5]. Залежно від статусу вимог, сертифікація може бути добровільною або обов'язковою. Незважаючи на те, що обидва види виконують спільну мету – забезпечення довіри споживачів – вони мають суттєві відмінності у правовому регулюванні, процедурах та наслідках.

Сутність обов'язкової сертифікації. Обов'язкова сертифікація встановлюється державою для продукції, що потенційно впливає на життя та здоров'я людей, довкілля або безпеку держави. В Україні вона здійснюється відповідно до вимог технічних регламентів, гармонізованих із законодавством ЄС. До об'єктів обов'язкової сертифікації належать, зокрема, електротехнічні

вироби, дитячі іграшки, медичні вироби, вибухонебезпечне обладнання, харчові продукти (в рамках систем НАССР) тощо.

Основною метою обов'язкової сертифікації є:

- забезпечення безпеки споживачів;
- попередження продажу неякісної або небезпечної продукції;
- державний контроль за ринком.

Пройходження процедури є вимогою законодавства [5], а у разі її відсутності продукція не допускається до продажу або експлуатації. Відповідальність за порушення – штрафи, вилучення продукції, призупинення діяльності.

Сутність добровільної сертифікації. Добровільна сертифікація проводиться за ініціативою виробника або постачальника, якщо він прагне додатково підтвердити відповідність своєї продукції певним стандартам або вимогам ринку. Вона не вимагається законом, але може бути необхідною для підвищення конкурентоспроможності.

Добровільну сертифікацію проходять:

- продукція преміум-класу;
- брендовані товари;
- продукція для експорту;
- послуги (готельні, освітні, транспортні);
- системи менеджменту (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 22000 тощо).

Мета добровільної сертифікації – підвищити довіру до продукції та виділити її серед конкурентів. Для підприємства це також інструмент маркетингу та показник зрілості системи управління.

Висновки.

Добровільна та обов'язкова сертифікація виконують різні, але взаємодоповнюючі функції. Обов'язкова сертифікація гарантує мінімальний рівень безпеки та є фундаментом технічного регулювання держави. Натомість добровільна створює можливості для розвитку бізнесу, підвищення репутації та розширення ринків збуту, особливо в умовах конкуренції та євроінтеграції. Проведений аналіз свідчить, що ефективна система сертифікації повинна включати обидва види та орієнтуватися на баланс між вимогами ринку і державним контролем.

Список літератури

1. Про технічні регламенти та оцінку відповідності: Закон України від 15.01.2015 № 124-VIII. Офіційний вісник України. 2015.
2. Про стандартизацію : Закон України від 05.06.2014 № 1315-VII. Відомості Верховної Ради України. 2014. № 31.
3. ДСТУ ISO/IEC 17065:2019. Оцінка відповідності. Вимоги до органів, що сертифікують продукцію, процеси та послуги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 28 с.
4. ДСТУ ISO/IEC 17021-1:2021. Оцінка відповідності. Вимоги до органів з аудиту та сертифікації систем управління. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 42 с.
5. ДСТУ 3413-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції. Київ: Держстандарт України, 1996. 25 с.

004.738:37:658.5

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ НАВЧАННЯ У СФЕРІ ЯКОСТІ

Карімов В. Т., студент, Никифоров А. О., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

У тезі розглянуто застосування технології віртуальної реальності (VR) для навчання у сфері управління якістю та сертифікації продукції. Наведено приклади інтерактивних тренінгів, моделювання виробничих процесів та практичних кейсів для розвитку компетенцій студентів та працівників підприємств. Показано переваги VR у підвищенні ефективності навчання та формуванні професійних навичок..

Сучасна технічна освіта та корпоративне навчання дедалі активніше інтегрують цифрові технології. Одним із найперспективніших напрямків є віртуальна реальність (VR), яка дозволяє моделювати виробничі процеси, операції контролю якості та управління ризиками в інтерактивному середовищі [1].

Управління якістю та сертифікація продукції потребують від фахівців високого рівня компетентності: точність вимірювань, знання стандартів, здатність реагувати на відхилення та оцінювати ризики. Традиційне навчання (лекції, практикуми) не завжди дозволяє відтворити складні виробничі ситуації або ризики, що можуть призвести до браку продукції або аварійних ситуацій. Використання VR вирішує цю проблему, забезпечуючи моделювання реальних умов без ризику для людей і обладнання.

Методи застосування VR у навчанні якості

1. Інтерактивні тренінги та симулятори

Студенти або працівники можуть у віртуальному середовищі виконувати операції контролю якості продукції, перевіряти параметри обладнання, виявляти дефекти [2]. Наприклад, у VR-лабораторії можна моделювати калібрування вимірювальних приладів, контроль за точністю дозування або перевірку електронних компонентів.

2. Моделювання виробничих процесів

VR дозволяє відтворити повний цикл виробництва, включно з можливими відхиленнями та браком. Користувачі можуть відпрацьовувати алгоритми реагування на помилки, що підвищує навички прийняття рішень у реальному виробничому середовищі.

3. Сценарії сертифікації та аудитів

Для навчання внутрішніх аудиторів ISO 9001 або ISO 14001 створюються VR-сценарії аудиту підприємства: перевірка документації, оцінка процесів, взаємодія з персоналом [3]. Це забезпечує реалістичне навчання без фактичного втручання у виробництво.

4. Ігрові методи та мотивація

Віртуальні тренінги можна інтегрувати з елементами гейміфікації: бали за виконані завдання, рейтинги, змагання між групами студентів. Це підвищує мотивацію та ефективність навчання.

Переваги використання VR:

- безпека: можливість відпрацьовувати аварійні ситуації без ризику для персоналу та обладнання;
- економія ресурсів: зменшується потреба у фізичному обладнанні та витратних матеріалах;
- інтерактивність: користувач взаємодіє з процесом, що підвищує запам'ятовування та засвоєння знань;
- універсальність: можна відтворити будь-який виробничий процес або лабораторний експеримент;
- аналіз результатів: VR-системи можуть збирати статистику про помилки, час виконання завдань, точність операцій.

Виклики та обмеження

- висока вартість обладнання та програмного забезпечення.
- потреба у підготовці викладачів та тренерів для роботи з VR.
- можливі фізіологічні обмеження (зорове та вестибулярне навантаження).
- не завжди можливо відтворити усі нюанси реального виробництва.

Висновки

Використання віртуальної реальності у навчанні у сфері якості є ефективним інструментом формування практичних навичок студентів і підвищення компетентності працівників підприємств. VR дозволяє відпрацьовувати складні виробничі та контрольні процеси, знижує ризики та витрати, забезпечує інтерактивне та мотивуюче навчання. Розвиток VR-технологій та інтеграція їх у програми навчання менеджменту якості та сертифікації відкриває перспективи для підвищення професійного рівня фахівців та конкурентоспроможності підприємств.

Список літератури

1. Turoń, K., & Wąsik, J. Virtual reality applications for quality management training. *Procedia Manufacturing*. 2020. Vol. 45. P. 145–152. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.04.019.
2. Pantelidis, V. S. Virtual reality and learning: trends and issues. *International Journal of Instructional Media*. 2009. Vol. 36(3). P. 109–117.
3. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 42 с.

УДК 631.362.3-26

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АЕРОДИНАМІЧНОГО ЕКРАНА ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ПРИ ОБРОБЦІ ДРІБНИХ НАСІННЄВИХ МАТЕРІАЛІВ

Гавріков Б. О., студент, Никифоров А. О., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

У роботі проведено оцінку ефективності аеродинамічного екрана віброфрикційного сепаратора при обробці дрібних насіннєвих матеріалів. Розглянуто вплив геометричних параметрів екрану, вертикального зазору між робочими поверхнями та амплітуди коливань на траєкторію руху насіння різних фракцій. Проведено чисельне моделювання, що дозволило визначити оптимальні параметри для підвищення точності сепарації та мінімізації втрат насіння.

Сепарація насіннєвих матеріалів є ключовим етапом післязбиральної обробки, який визначає якість продукції та ефективність наступних технологічних процесів. Віброфрикційні сепаратори забезпечують високоточне розділення насіння різних фракцій завдяки комбінації коливального руху робочих поверхонь та впливу повітряного потоку.

Проте динаміка повітряного потоку у каналі може істотно впливати на траєкторії руху насіння дрібних фракцій, знижуючи ефективність сепарації та збільшуючи втрати матеріалу. Одним із способів вирішення цієї проблеми є застосування аеродинамічного екрана, який регулює рух повітря та зменшує небажані відхилення траєкторій насіння [1].

Дослідження проводилося методом чисельного експерименту, що дозволяє моделювати рух насіння у робочій камері сепаратора без проведення дорогих фізичних випробувань. Основні параметри, що варіювались у моделі:

1. Геометрія аеродинамічного екрану – форма та розташування екрану щодо робочих поверхонь;
2. Вертикальний зазор між робочими поверхнями – відстань між коливальною та статичною поверхнею;
3. Амплітуда коливань робочої поверхні – визначає інтенсивність віброфрикційного руху насіння.

За допомогою моделювання визначено:

- кути нахилу траєкторій насіння дрібних фракцій;
- половинні кути секторів можливих траєкторій;
- залежність цих параметрів від геометричних характеристик аеродинамічного екрану та режиму коливань.

Цей підхід дозволяє оцінити вплив динаміки повітря на рух насіння та оптимізувати конструкцію сепаратора.

Вплив геометрії екрану. Зміна висоти та форми екрану впливала на кути нахилу траєкторій насіння дрібної фракції на 10-15%. Рациональна форма екрану

забезпечує вирівнювання траєкторій та рівномірний розподіл насіння по робочій поверхні.

Вертикальний зазор між робочими поверхнями. Збільшення зазору на 5-10 мм призводило до розширення секторів траєкторій дрібного насіння на 12-18%, що свідчить про необхідність регулювання зазору залежно від фракційного складу матеріалу.

Підвищення амплітуди коливань зменшувало вплив повітряного потоку на траєкторії, особливо дрібної фракції, і сприяло більш рівномірному розподілу насіння. Оптимальна амплітуда для дрібних фракцій визначена як 2-4 мм.

Комплексний вплив параметрів. Комбінація оптимальної геометрії екрану, регульованого зазору та амплітуди коливань дозволяє знизити вплив динаміки повітря на сепарацію до 20%, що підвищує ефективність роботи віброфрикційного сепаратора та точність розділення насінневого матеріалу.

Висновки:

1. Чисельне моделювання показало, що ефективність сепарації дрібного насіння значною мірою залежить від геометрії аеродинамічного екрану, вертикального зазору та амплітуди коливань.
2. Раціональна конфігурація екрану та оптимальний режим коливань дозволяють знизити негативний вплив повітряного потоку та забезпечити рівномірний рух насіння.
3. Результати дослідження можуть бути використані для проектування високоефективних віброфрикційних сепараторів та підвищення якості сепарації дрібних насінневих матеріалів.

Список літератури

1. Лук'яненко В. М., Никифоров А. О., Лук'яненко О. В., Никифорова А. П. (2019). Конструктивні заходи, щодо інтенсифікації процесу сепарування насінневих сумішей на вібраційних насіннеочисних машинах. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків, Вип. 198 С. 277–283.
2. Лук'яненко В. М., Никифоров А. О., Никифорова А. П. (2019). Використання метода прогонки при розрахунку тривимірного поля швидкостей повітряного середовища, що знаходяться між двох синхронно коливальних робочих площин вібромашини. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків, Вип. 198 С. 214–226. *(Здобувачу належить результати чисельного розв'язання системи рівнянь газодинаміки при визначених крайових умовах).*
3. Никифоров А. О. (2020). Дослідження ефективності застосування аеродинамічних екранів при обробці на вібраційних машинах насіння з вираженими аеродинамічними властивостями. The 7 th International scientific and practical conference “Science, society, education: topical issues and development prospects” (June 7-9) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kharkiv, Ukraine. С. 31–38.
4. Степаненко С. П., Никифоров А. О. (2024). Дослідження впливу знакозмінного повітряного потоку на якість віброфрикційного розділення дрібнонасінневих матеріалів. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. № 24. С. 52-68.

УДК 616. 01-09

ДОСТУПНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Бабарика І. Г., к. с.-г н, доц.

Державний біотехнологічний університет

Завдяки праці людина стала тим ким вона є, але можливості людини досить обмежені і не безграничні.

Працездатність – здатність організму витримувати навантаження (м'язові, нервові, енергетичні, емоційні) протягом відповідного часу за умови збереження кількісних і якісних показників роботи. Є два види працездатності:

Загальна працездатність – максимальний обсяг виконаної роботи при мобілізації всіх ресурсів організму.

Фактична працездатність – обсяг роботи, яку людина виконує протягом певного часу і за умови нормального відновлення витрачених організмом ресурсів.

Звичайно, працездатність людини не може бути постійно високою, тому є періоди її підйому і спаду. Тривалість таких періодів може значно коливатися, на це впливає багато факторів: тип нервової системи, організація режимів роботи і відпочинку, харчування тощо, але найбільш згідно із загальними природними законами періодичності і циклічності найбільш чуттєво на працездатність впливають біоритми людини, вони індивідуальні і навіть мають расову залежність.

Біологічний ритм – це автономний процес періодичного чергування станів організму і коливань інтенсивності фізіологічних процесів та реакцій.

Феномен біоритмологічних проявів спостерігають у всіх видах робочого навантаження людини – інтелектуальних, емоційних і фізичних. Експериментально встановлено, що в усіх людей з моменту народження діють три цикли: 23-добовий фізичний, 28-добовий емоційний і 33-добовий інтелектуальний.

Саме від цих циклів залежить імовірність захворювання або смерті. Вважають, що коливанням із 23-добовим періодом піддаються такі прояви людини, як хоробрість, стійкість, фізична сила, із 28-добовим – чутливість, емоційна схвильованість, інтуїція.

Будь-який із цих трьох періодів має два напівперіоди: позитивний і негативний. Перебуваючи, наприклад, у позитивному напівперіоді фізичного ритму, людина відчуває приплив сил, її працездатність підвищується, вона легко справляється із завданнями, що вимагають таких фізичних зусиль, які в негативному напівперіоді, скоріше за все, були б їй не під силу.

У так звані переломні дні цикли «змінюють знак», тобто відбувається зміна напівперіодів. Який саме це перехід – із позитивної фази в негативну або навпаки – неістотно. У переломні дні функції організму людини, які входять у «сферу дії» відповідного ритму, досягають мінімуму. Особливо небезпечно, якщо збігаються

переломні дні двох або (тим більше) всіх трьох ритмів.

Інтенсивні фізичні та розумові навантаження можуть бути виснажливими для організму, але правильний підхід до відновлення допоможе швидко повернутися до роботи і уникнути травм.

Основні симптоми втоми:

- погіршення працездатності;
- почуття важкості;
- поганий настрій;
- підвищена дратівливість;
- больові відчуття в м'язах.

Відновлення після навантажень є важливою частиною робочого режиму.

Гідратація. Під час інтенсивних фізичних навантажень організм втрачає багато рідини через потовиділення. Важливо відновити водний баланс, щоб уникнути зневоднення, яке може призвести до втоми та зниження продуктивності. Рекомендується пити воду, щоб швидко відновити рівень рідини в організмі (слід завжди пам'ятати, що втрата більш ніж 20% води веде до смерті).

Харчування. Правильне харчування після роботи є ключовим для відновлення тонусу м'язів і поповнення запасу енергії. Рекомендується вживати їжу, багату на білки та вуглеводи. Білки допомагають відновити м'язові тканини, а вуглеводи поповнюють запаси швидкої енергії в організмі. Є досить багато народних рецептів відновлення енергетичного стану організму, але якщо їх об'єднати з науковими досягненнями то вони базуються на суміші білково-вітаміно-мінерального комплексу, є досить велика кількість фармакологічних харчових добавок, але їх ціна не завжди доступна для пересічного українця. Є народні рецепти які не тільки не поступаються аптечним, але і по більшості показників перевищують. Для прикладу рецепти на основі продуктів бджільництва, і інших, при наявності горіхів (міндаль, лісовий горіх, мед, квітковий пилок, перга, маточне молочко, пророщене зерно, кисломолочний сир)

Відпочинок і сон. Сон є одним з найважливіших аспектів відновлення працездатності. Під час сну організм відновлює м'язові тканини та виробляє гормони, необхідні для росту і відновлення. Рекомендується спати не менше 7-8 годин на добу для оптимального відновлення. Крім того, короткий денний сон може допомогти зменшити втому і покращити продуктивність праці.

Масаж. Масаж допомагає зменшити м'язову напругу і покращити кровообіг, що сприяє швидшому відновленню. Масаж також може бути корисним для зменшення м'язового болю і покращення загального самопочуття.

Активний відпочинок. Активне відновлення включає легкі фізичні вправи, такі як ходьба, плавання або йога, які допомагають покращити кровообіг і зменшити м'язову напругу, цього можна досягти походами в ліс за грибами, відпочинок біля води. Після потужних фізичних перенавантажень корисні холодні ванни кріотерапія можуть допомогти зменшити запалення і м'язовий біль після інтенсивних фізичних навантажень (інтенсивні навантаження під час спец операцій рятувальників, військових, медиків і т. д). Занурення в холодну

воду на 10-15 хвилин може бути ефективним способом зменшення м'язового болю і прискорення відновлення.

Лазня. Лазня служить як один із засобів відновлення працездатності. Розрізняють такі типи лазень: українська лазня, фінська лазня (сауна), римська лазня, турецька (арабська) лазня, ірландська лазня. Всі види лазень характеризуються тим, що їх температура коливається від 50 °С до 100 °С, а також простір насичується сухим чи насиченим вологою паром. При цьому практикується різке охолодження, охолодження здійснюється різними способами: водою, на свіжому повітрі, снігом. Перед закінченням перебування в лазні для механічного подразнення шкіри шмагають березовим або дубовим віником. Із всіх лазень найбільшою популярністю користується сухо-повітряна фінська лазня (сауна)

Тривалість відновлення працездатності залежить від режиму трудового процесу – чим активніше праця, тим триваліша потрібен відпочинок.

Занадто інтенсивні навантаження з недостатнім відпочинком погано позначаються не тільки на працездатності, але і в цілому організмі. Може розвинутися фізичне виснаження, а на його фоні з'являться деякі захворювання.

Висновки

- Спати необхідно від 8 до 10 годин на добу. У період сну найактивніше регенеруються м'язи.

- Відпочинку не повинні заважати стреси. Чим вони сильніші й триваліші, тим повільніше буде відновлюватися працездатність. Звичайно, повністю вберегтися від стресів навряд чи вийде, але потрібно всіма силами мінімізувати їх прояв.

- Відгородитися від стресів і поліпшити самопочуття можна за допомогою відвідування лазні, сауни, масажу, які знімуть больові відчуття в м'язах і допоможуть їм швидше відновитися.

- Також піде на користь дихальна гімнастика та психологічні тренінги. Вони поліпшать емоційний стан і підвищать поріг психологічної стійкості.

Список використаної літератури

1. Гусак В. В. Лікувальна фізична культура. Комплекси вправ: навч. – метод. посібник / В. В. Гусак, О. Д. Гауряк. – Чернівці: Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2012. – 276 с.

2. Лисенко О. М. Фізіологічна реактивність та особливості мобілізації функціональних можливостей висококваліфікованих спортсменів / О. М. Лисенко // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2003. – № 1. – С. 81-86.
3. Павлова Ю. Відновлення у спорті : монографія / Ю. Павлова, Б. Виноградський. – Л. : ЛДУФК, 2011. – 204 с

3. Інтернет джерела: <https://health.comments.ua/ua/news/our-body/kardinalni-zmini-yakiy-period-u-zhitti-zhinki-nazivayut-nayskladnishim-744027.html> © Comments.ua.

Секція 5

**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
ТА ОБЛАДНАННЯ**

УДК: 519.22, 577.35, 612.7, 796.012, 615.825, 615.477.22,

НЕЛІНІЙНИЙ РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ МІОГРАМ

Стороженко І. П., д-р фіз.-мат. наук, професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Сіренко П. О., канд. наук з фіз. виховання і спорту.

Ризький університет Страдиня, Рига

Запропоновано регресійну модель біоелектричних коливань м'язів кінцівок, яка адекватно описує дані спостережень як при максимальному перекритті актинових і міозинових філаментів, так і при їх найбільшому віддаленні. Модель побудована на методі найменших квадратів. Біоелектричні коливання описуються двома гаусівськими функціями. За допомогою запропонованої моделі можна аналізувати м'язи у всьому діапазоні рухової активності кінцівок, визначати оптимальні положення кінцівок для розвитку сили та постізометричної релаксації, а також більш природно програмувати активність штучних м'язів.

Сучасні потреби у спорті, лікуванні й реабілітації опорно-рухового апарату, протезуванні кінцівок та в суміжних галузях професійної рухової діяльності пов'язані з проблемою оптимізації рухів сегментів тіла [1, 2].

Не дивлячись на те, що в загалі відомо про те як скорочується м'яз, на практиці стикаються з тим, що на м'яз потрапляє багато нервових імпульсів [3]. Для адекватного описання скоротливої спроможності окремих м'язів кінцівок краще використовувати регресійні моделі [3]. Зазвичай для регресійного аналізу електроміограм застосовуються поліноміальне рівняння. Поліноміальні моделі, хоч і здатні формально апроксимувати дані, мають низку обмежень в екстраполяції.

В якості альтернативи поліноміального рівняння ми пропонуємо регресійну модель у вигляді суми двох гаусівських функцій. Така модель є краще фізіологічно інтерпретована. Ціль дослідження – регресійний аналіз амплітуди та частоти електроміографічного сигналу (ЕМГ) м'язів стегна людини.

У дослідженні взяли участь 20 досвідчених футболістів ФКІ «Левадія» (м. Таллінн) віком $25,0 \pm 5,2$ років.



Рис. 1. Розташування нашкірних електродів для м'язів передньої групи стегна у вправі ізометричній «Розгинання гомілки сидячи».

Модельне регресійне рівняння має вигляд:

$$u = U_1 \cdot \exp\left\{-\frac{(\theta - \theta_1)^2}{2\sigma_1^2}\right\} + U_2 \cdot \exp\left\{-\frac{(\theta - \theta_2)^2}{2\sigma_2^2}\right\} + \varepsilon,$$

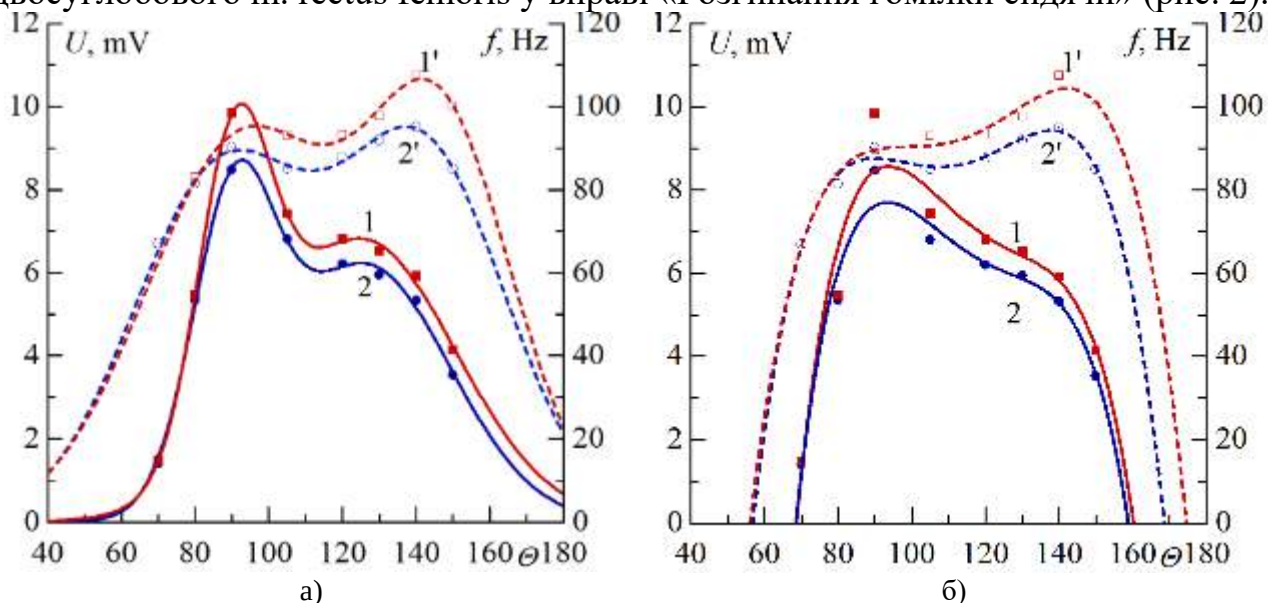
де U_1 і U_2 – амплітуди кожної з двох гаусіан, що описують фази м'язової активності; θ_1 і θ_2 – кути положення кінцівки, при яких спостерігаються максимальні значення ЕМГ-потенціалу чи частоти; σ_1 і σ_2 – параметри ширини кожного максимуму, що відображають діапазон кутів активної фази; ε – залишкова похибка моделі. Параметри U_1 , U_2 , θ_1 , θ_2 , σ_1 і σ_2 були оцінені нелінійним методом найменших квадратів шляхом мінімізації функції $S(\boldsymbol{\beta})$, $\boldsymbol{\beta} = [U_1, U_2, \theta_1, \theta_2, \sigma_1, \sigma_2]$:

$$S(\boldsymbol{\beta}) = \sum_{i=1}^k [u_i - \hat{u}(\theta_i, \boldsymbol{\beta})]^2,$$

де u_i – емпіричне значення при куті θ_i , $k = 8$ – кількість спостережень (кількість різних кутів прикладеного зусилля), $\hat{u}(\theta_i, \boldsymbol{\beta})$ – модельне значення. В якості u_i ми використовували середнє значення амплітуди і частоти отриманих з виборці об'єму $n = 20$. Для визначення $\boldsymbol{\beta}$ за НМНК розв'язується численно методом Левенберга-Марквардта система з шести рівнянь.

Автокореляція залишків моделі перевірялася тестом Бройша–Годфрі. Нормальність залишків із-за невеликого об'єму $k = 8$ перевірялася тестом Шапіро–Уїлка. Тести Шапіро–Уїлка і Бройша–Годфрі підтримується в статистичною бібліотекою Python (statsmodels). Тому в Python нами реалізована програма для регресійного аналізу середніх значень амплітуди і частоти ЕМГ, перевірки моделі та прогнозу.

В якості прикладу розглянемо тільки аналіз біоелектричні коливань двосуглобового m. rectus femoris у вправі «Розгинання гомілки сидячи» (рис. 2).



Регресійна залежність максимальної амплітуди (неперервні криві) і частоти (пунктирні криві) ЕМГ m. vastus medialis у вправі «Розгинання гомілки сидячи», як сума двох гаусівських функцій (а) та поліному четвертого порядку (б): 1, 1' – права кінцівка; 2, 2' – ліва.

У варіанті, побудованому на сумі двох гаусівських функцій (рис. 2а), амплітудні й частотні залежності зберігають фізіологічно природну форму як усередині діапазону вимірювань, так і за його межами. Крива плавно згасає, не створюючи нефізичних від'ємних значень та різких коливань, що дозволяє коректно здійснювати екстраполяцію. На противагу цьому, поліноміальна регресія (рис. 2б) демонструє типовий для поліномів недолік: поза інтервалом даних крива починає неконтрольовано змінюватися, перетинає нульову лінію, що є неможливим для реальної ЕМГ. Така поведінка суттєво обмежує можливість використання поліномів для прогнозу та робить їх малопридатними в біологічних і медичних застосуваннях.

Результати роботи мають значний практичний потенціал. Завдяки локальності, керованості та інтерпретованості параметрів модель може бути використана у спортивній діагностиці для визначення оптимальних положень кінцівок, оцінювання асиметрії між лівою та правою кінцівками і підбору індивідуалізованих тренувальних програм. У фізіотерапії та реабілітації модель дає змогу відстежувати зміни м'язової активації після травм, контролювати ефективність відновлювальних процедур і визначати безпечні діапазони руху. У сфері міоелектричного управління протезами та роботизованими екзоскелетами така модель має особливу цінність, оскільки забезпечує стабільне прогнозування амплітудно-частотних характеристик без ризику появи спотворених або негативних значень, що критично для систем керування. Сумісність моделі з сучасними підходами аналізу біосигналів, зокрема з методами сумішей гаусів та алгоритмами машинного навчання, відкриває можливості інтеграції з високоцільними ЕМГ-масивами, розпізнаванням жестів та інтерфейсами «людина–робот».

Таким чином, регресійна модель у вигляді суми двох гаусівських функцій є значно точнішим та фізіологічно обґрунтованим інструментом для аналізу електроміографічних даних, ніж поліноміальні апроксимації. Представлений підхід підвищує точність аналізу м'язової активності, розширює можливості застосування ЕМГ у спортивній медицині, реабілітації та біотехнічних системах і створює передумови для побудови більш природних алгоритмів керування штучними та біомеханічними системами.

Список використаних джерел

Peng Cai, Lewen Liu, Hai Li. Dynamic and static stretching on hamstring flexibility and stiffness: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon. A Cell Press Journal*. Vol. 9, Issue 8, e18795, 2023. – P. 1 – 19.

P. Sirenko, I. Storozhenko, R. Sirenko, O. Yuzyk, V. Kindrat, D. Lietuvieta, T. Kolesnyk. Resilience of individual health and endogenous response to determinants of motor activity of athletes. *Medicni perspektivi*, Vol. 30, No 2, 2025. – P. 190–203. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2025.2.333679>

P. Sirenko, I. Storozhenko, J. Zidens, A. Zusa, O. P. Yuzyk, D. Lietuvieta, T. Kolesnyk, "Functional testing of the lower extremity muscles," *Medicni perspektivi*, Vol. 28, No 2, 2023. – P. 150–163. DOI: 0.26641/2307-0404.2023.2.283388

УДК 65.012.14:664

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІГРОСКОПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУХИХ СНІДАНКІВ

Пак А.О., д.т.н., проф., Сіняєва О.В., ст.викл.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Пак А.В., к.т.н., доц., Халін Б.Г., магістр

ХНУ ім. В.Н. Каразіна

Тензометричним методом досліджено гігроскопічні властивості сухих сніданків від різних виробників. Отримані результати дають можливість сформулювати вимоги до умов тривалого зберігання цієї продукції та визначити таку мікроструктурну характеристику, як розподіл мікропор за радіусами.

Характеристикою, яка є оцінкою властивості сушеної продукції, такої як сухі сніданки, поглинати воду у газоподібному стані із оточуючого середовища, являється ізотерма сорбції [1].

Об'єктом дослідження є сухі сніданки «Nesquik» ТМ «Nestle» (далі «Nesquik»), «Lion» ТМ «Lion» (далі «Lion»), «Duo Balls» ТМ «Doctor Benner» (далі «Duo Balls»), «Start» ПрАТ «Lantmannen» (далі «Start»), «Mr. Croco» ПрАТ «Дніпропетровський комбінат харчових концентратів» (далі «Mr. Croco»). Сухий сніданок «Nesquik» є продукцією іноземного виробництва. Сухі сніданки «Lion», «Duo Balls», «Start» – продукція іноземного виробника з виробничими потужностями на території України. Сухі сніданки «Mr. Croco» – продукція українського виробника.

Ізотерми сорбції отримували тензометричним методом. Зразки сухих сніданків наважкою 3...4 г поміщали у ексикатори з різною відносною вологістю газового середовища в них. Відносна вологість в ексикаторах дискретно змінювалась від 10 до 90 % з кроком 10 %.

Зразки періодично зважували до досягнення ними рівноважного вологовмісту. Далі будували значення рівноважного вологовмісту зразка за відповідної відносної вологості (ізотерми сорбції). Отримані при цьому ізотерми сорбції для сухих сніданків від різних виробників наведені на рис.1.

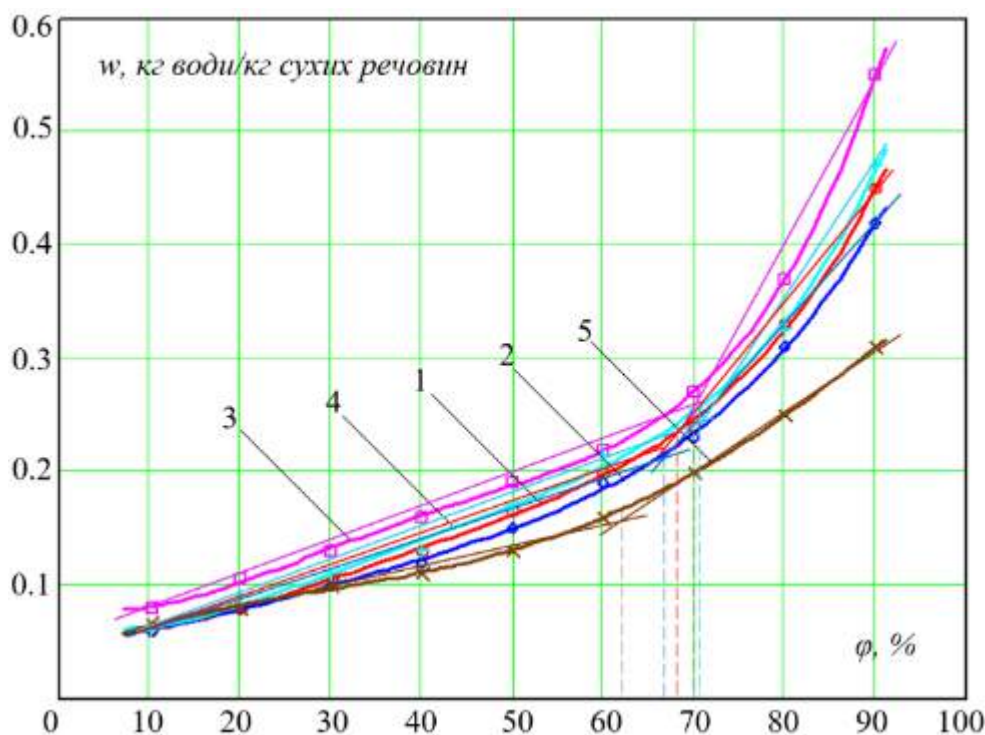


Рис.1. Ізотерми сорбції зразків сухих сніданків від різних виробників:
1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»; 5 – «Mr. Croco»

Необхідно відмітити, що всі досліджувані зразки мали низький вихідний вологовміст, який не перевищував $6 \dots 8 \cdot 10^{-2}$ кг води/кг сухих речовин. Виходячи з цього, для досліджуваних зразків спостерігалась лише сорбція пари води із оточуючого газового середовища, створюваного в ексикаторі.

Характер ізотерм сорбцій для всіх досліджуваних зразків близький. Наявні дві ділянки: ділянка, яка відповідає полімолекулярній сорбції вологи, та ділянка, яка відповідає поглинанню вологи мікропорами. Відрізняються ці ділянки різним нахилом ізотерм сорбції до осі, на якій відкладено відносну вологість оточуючого газового середовища. Необхідно відмітити, що у ізотерм сорбції досліджуваних зразків відсутня ділянка, яка відповідає мономолекулярній сорбції.

Відділити ділянку полімолекулярної сорбції від ділянки, яка відповідає поглинанню вологи мікропорами, можна шляхом їх лінійної апроксимації, як наведено на рис.1. Межі поділу між цими ділянками відповідає гранична межа відносної вологості, за перевищення якої не рекомендується тривало зберігати досліджувану продукцію. За збільшення відносної вологості оточуючого середовища відносно цього граничного значення відбувається поглинання води мікропорами та набухання зразків. Це приводить, по-перше, до зникнення такого органолептичного показника якості сухих сніданків, як хрусткість, а, по-друге, до прискорення окислення та мікробіологічного псування цієї продукції впродовж зберігання.

Для досліджуваних зразків межа поділу між ділянкою полімолекулярної сорбції та ділянкою, яка відповідає поглинанню вологи мікропорами, наступна,

»: «Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. Виходячи з отриманих результатів можна сформулювати умови зберігання сухих сніданків: тривале їх зберігання можливе за відносної вологості газового середовища, яка відповідає межі поділу між ділянкою полімолекулярної сорбції та ділянкою, яка відповідає поглинанню вологи мікропорами. За відносної вологості оточуючого газового середовища, яка перевищує це межеве значення, тривале зберігання можливе лише у газонепроникному упакованні.

Причиною такого характеру ізотерм сорбції, очевидно, є різна мікропориста структура досліджуваних зразків сухих сніданків. Для аналізу мікропористої структури досліджуваних сухих сніданків отримували диференціальні функції розподілу мікропор за радіусами.

Методика отримання диференціальних функцій розподілу мікропор за радіусами детально описана в роботах [2, 3]. Вона заснована на апроксимації ізотерм сорбції функцією виду:

$$\varphi = \frac{w^{A_3}}{A_1 + A_2 w^{A_3}}, \quad (1)$$

де A_1, A_2, A_3 – апроксимаційні коефіцієнти; w – вологовміст.

З використанням апроксимаційних коефіцієнтів отримується диференціальна функція розподілу мікропор за радіусами, яка має наступний вид:

$$f_n(r^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_R R^*} \exp\left(-\frac{(\ln(R^*) - m_R)^2}{2\sigma_R^2}\right), \quad (2)$$

де m_R та σ_R – параметри логарифмічно нормального розподілу; R^* – безрозмірний радіус мікропори $R^* = (r^* - d_0)/d_0$; r^* – радіус мікропори, м; $d_0 = 0.3 \cdot 10^{-9}$ м – радіус молекули води.

Диференціальні функції розподілу мікропор за радіусами для зразків сухих сніданків від різних виробників наведені на рис.2. Вони мають один екстремум, при цьому відрізняються значеннями радіусів мікропор, які відповідають цим екстремумам, та шириною лінії, а, відповідно, і середнім радіусом мікропор.

Зразки «Nesquik», «Lion» та «Start» мають близьку ширину лінії. Найменшу ширину лінії має зразок «Mr. Croco», а найбільшу – «Duo Balls». Ширина лінії свідчить про величину розкиду мікропор за радіусами, тобто чим більша ширина лінії, тим більше мікропор з різними радіусами утримує зразок. Як наслідок, більш розвинута мікропориста структура сприяє більшій кількості вологи, яку може поглинути така система із оточуючого газового середовища.

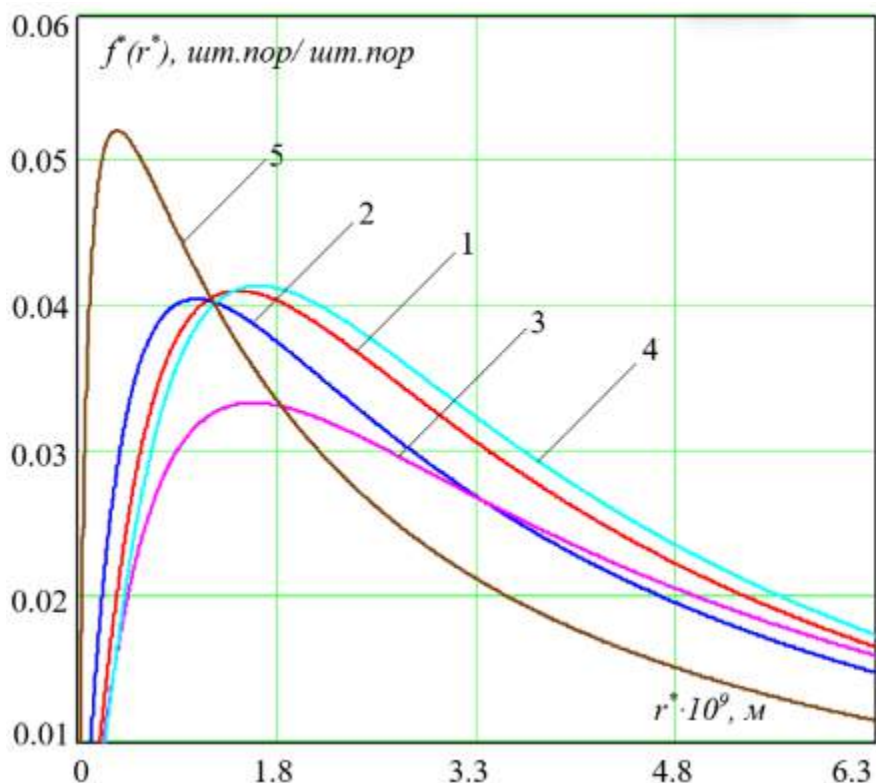


Рис.2. Диференціальні функції розподілу мікропор за радіусами для зразків сухих сніданків від різних виробників: 1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»; 5 – «Mr. Croco»

Саме це є причиною того, що ізотерма зразка «Duo Balls» лежить вище, а ізотерма зразка «Mr. Croco» нижче порівняно із іншими досліджуваними зразками відносно осі вологовмісту. Тобто зразок «Duo Balls» поглинає із оточуючого газового середовища найбільшу, а зразок «Mr. Croco» найменшу кількість води. Цей результат свідчить про те, що, очевидно, зразок «Duo Balls» втрачає, такий органолептичний показник притаманний сухим сніданкам, як хрусткість, за менших значень відносної вологості оточуючого середовища, порівняно з іншими зразками. Щодо зразка «Mr. Croco», то з огляду на його ізотерму сорбції, він зберігає хрусткість за значень відносної вологості оточуючого середовища більших порівняно з іншими досліджуваними зразками сухих сніданків. Це є суттєвою споживчою перевагою порівняно з іншими зразками.

Висновок

За ізотермами сорбції досліджуваних зразків сухих сніданків від різних виробників встановлено значення відносної вологості оточуючого газового середовища, за якої можливе тривале зберігання цієї продукції без суттєвих змін якості. Ці значення відносної вологості для сухих сніданків становлять, %: «Nesquik» – 68; «Lion» – 67; «Duo Balls» – 70; «Start» – 71; «Mr. Croco» – 62. За відносної вологості оточуючого газового середовища, яка перевищує ці значення, тривале зберігання можливе лише у газонепроникному упакованні.

Список використаних джерел

1. Погожих М.І., Пак А.О., Чеканов М.А., Іштван Є.О., Павлюк І.М. Дослідження системної води харчової сировини термодинамічними та молекулярно-кінетичними методами // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2014. – 5/11(71). – С. 42–46. Available at: <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/27790/25292>
2. Потапов В. О. Структурно-енергетичний метод аналізу ізотерм сорбції-десорбції харчової сировини // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. ХДУХТ. – 2005. – Вип.1. – С. 313-322.
3. Чобіток В.І., Пак А.В., Пак А.О., Софронова М.С. Research of consumer properties of buckwheat porridge at the customs examination // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. ДБТУ. – 2024. – 2 (36). – С. 203–217. Available at: <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/naukovi-zhurnaly/zbirnyk-naukovykh-prats-ekonomichna-strategiya-i-perspektyvy-rozvytku-sfery-torgivli-ta-poslug/>

UDK 539.3

MODELLING THE BEHAVIOR OF VARIABLE THICKNESS SHELLS UNDER THERMAL LOADS

^{1,2}Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, ²Rymar M.P., Student, ²Sychova T.O., PhD in Technics, Associate Professor, ²Sychov A.I., PhD in Technics, Associate Professor, ³Misiura Ie.Yu., PhD in Technics, Associate Professor

¹Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine,

²State Biotechnological University,

³Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

The effect of heating on hollow shells of linearly variable thickness has been investigated. Nonlinear dependence of the critical load on the intensity of preheating for shells of different thickness has been established.

Load-bearing structures in the form of shells are subjected to various force and temperature fields [1, 2]. Thermal loads lead to additional deformations, which can significantly change the stiffness of thin shells. Taking into account the effect of temperature in the study of the stress-strain state and stability of flexible shells allows to increase the reliability of the description of the deformation of the structure during its operation [3, 4]. Thin shells of constant thickness under thermal power loads are more studied [5, 6]. Variable thickness shells are used to increase the overall stiffness and bearing capacity [7, 8]. For shells of variable thickness, taking into account the effect of temperature fields in geometrically nonlinear stability problems is an understudied problem due to the increased complexity of studying such nonlinear

deformation processes [9, 10]. In this work, the thermal stress state and stability of shells of variable thickness under the action of uniformly distributed pressure are considered on the basis of the developed finite element methodology.

The paper deals with flat smooth steel shells with different thicknesses varying along the meridian, which are rigidly clamped along the contour. The shell is heated uniformly over the volume, which is accompanied by nonlinear deformation of the shell and a change in its stress state, which affects its deformation forms and loss of stability under further force loading. The shell is then loaded with a uniform pressure at a constant temperature field. The properties of the materials are constant and temperature-independent, since in the considered problems the heating temperature was within the permissible limits.

The analysis of the effect of changing the thickness of the shells on the value of the upper critical load shows that with an increase in the volume of the shell, the value of its critical load increases during heating and decreases during cooling. It can be concluded that for almost all heating options for panels of linearly variable thickness, this increase is linear, and for panels of constant thickness, it is parabolic.

Conclusion.

The nonlinear dependence of the critical load on the preheating intensity for shells of different thicknesses was found, which is explained by the corresponding evolution of their deformation and loss of stability. The results of studies that take into account the additional effect of temperature heating confirm the greater efficiency and load-bearing capacity of linearly variable thickness panels compared to panels of constant thickness.

References

1. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Mathematical modeling. Information technology. Automated control system"*, 2019. Vol. 41. P. 46–54. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05>
2. Kuznetsov B.I., Kutsenko A.S., Nikitina T.B., Bovdii I.V., Kolomiets V.V., Kobylianskyi B.B. Method for design of two-level system of active shielding of power frequency magnetic field based on a quasi-static model. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2024, no. 2, pp. 31–39. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2024.2.05>
3. Шелудько Г.А., Шупіков О.М., Сметанкіна Н.В., Угримов С.В. Прикладний адаптивний пошук. Харків: Око, 2001. 191 с.
4. Шупіков А.Н., Бузько Я.П., Сметанкіна Н.В., Угримов С.В. Нестационарные колебания многослойных пластин и оболочек и их оптимизация. Харьков: Харьк. нац. эконом. ун-т, 2004. 252 с.
5. Shupikov A.N., Smetankina N.V., Sheludko H.A. Selection of optimal parameters of multilayer plates at nonstationary loading. *Meccanica*, 1998, vol. 33, no. 6, pp. 553–564. <https://doi.org/10.1023/A:1004311229316>

6. Сметанкіна Н.В., Шупіков О.М., Угрімов С.В. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багатошарового оскління при розподілених та локалізованих силових навантаженнях. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2016, № 3(58), с. 408–413.

7. Kurennov S., Smetankina N., Pavlikov V., Dvoretzkaya D., Radchenko V. Mathematical model of the stress state of the antenna radome joint with the load-bearing edging of the skin cutout. *International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE)-2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, 2022. Vol. 305. P. 287–295. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_28

8. Smetankina N.V. Non-stationary deformation, thermal elasticity and optimisation of laminated plates and cylindrical shells. Kharkiv: Miskdruk Publishers, 2011. 376 p.

9. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. In: *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 506–509. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.956998>

10. Smetankina N., Ugrimov S., Kravchenko I., Ivchenko D. Simulating the process of a bird striking a rigid target. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2020. P. 711–721. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_71

UDK 539.3

MODELLING OF INHOMOGENEOUS SHELL ELEMENTS DEFORMATION UNDER STATIC AND DYNAMIC ACTIONS

^{1,2}Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, ²Ivanova A.V., Student, ^{1,3}Misiura S.Yu., PhD in Technics, Associate Professor, ⁴Misiura Ie.Yu., PhD in Technics, Associate Professor

¹Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, ²State Biotechnological University,

³National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,

⁴Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

A mathematical model is proposed to study the influence of the characteristics of shock-absorbing elements on the stress-strain state of reinforced concrete shells with cutouts under the influence of a vertical component of a seismic wave.

Currently, the problems of design and construction of building structures are becoming much more complicated due to the increased anthropogenic load on buildings and structures, as well as to the increased requirements to the parameters of strength reliability, the need to reconstruct the operated objects, to assess their survivability and residual resource [1–3]. However, even in normative documents on design of reinforced concrete spatial structures there are no examples and practical recommendations on calculation of most types of shell structures [4–7]. This necessitates the development of adequate design models that take into account, in

addition to physical, mechanical and structural features, the so-called “complicating” factors: nonlinearities of geometric and physical type, since the considered features of deformation of spatial building structures can be described only from the standpoint of the nonlinear theory of plates and shells [8–10]. It should be noted that both in the current and in the developing normative documents on strength calculation of reinforced concrete building structures the necessity to take into account nonlinear effects in calculation models is noted [11, 12].

During operation, thin-walled reinforced concrete building structures, depending on their purpose, experience the impact of a whole complex of static and dynamic loads of different nature and character: gravitational loads (weight of bearing and enclosing structures); atmospheric loads (snow, wind, temperature); loads caused by the displacement of the earth's surface (seismic); technological loads; loads caused by extraordinary circumstances (explosions, fires, various emergencies) [8, 12].

It should be noted that among the variety of forms of thin-walled structures, the most common in construction are bearing and enclosing elements in the form of shells of rotation. At the same time, in most cases the structures have some features and heterogeneities: local or general thickness variation, presence of cutouts, anisotropy of used structural materials, etc. A characteristic feature of the behavior of large-span shells under the action of applied loads is the occurrence of maximum displacement fields comparable to the shell thickness and exceeding it, which also causes the need to use the relations of geometrically nonlinear shell theory in the study of the deformation features of such building structures, i.e. to perform the calculation according to the deformed scheme.

Since practical development of the behavior of structures on the basis of full-scale physical experiment is, as a rule, associated with significant difficulties, computational experiment, which consists in the study of real processes by methods of computational mathematics, is widely used nowadays to investigate the features of deformation of plates and shells under various types of loading. The most important stage of computational experiment is the design and development of adequate mathematical models, economical numerical methods and algorithms and their practical realization in the form of packages of applied programs for computers. The use of such packages significantly reduces the time of design work and makes it possible to optimize the design for a wide range of structural, technological, operational and economic requirements.

The aim of this work is to develop mathematical models for studying the processes of nonlinear deformation of inhomogeneous spatial elements of building structures in the form of shells of rotation under various types of static and dynamic loading. Within the framework of geometrically nonlinear relations of Timoshenko shell theory, adequate mathematical models and effective numerical methods have been developed and elaborated on the basis of the variation-difference method, which make it possible to study the features of deformation of inhomogeneous multilink shell elements of building structures under the action of static and dynamic loads of various types, including seismic ones. A mathematical model has been developed for dome-type shell structures mounted on a cushioned foundation slab, which makes it possible

to study the influence of the characteristics of viscoelastic cushioning elements on the stress-strain state of reinforced concrete shells with cutouts under the action of a vertical component of a seismic wave on the basis of dynamic calculations.

For the transition to the discrete finite-difference analog of the original continuum problem, conservative variation-difference schemes have been developed that allow one to study nonlinear deformation of plates and shells with cutouts on the basis of simple, orthogonal meshes of regular structure and finite-difference operators of the second order of approximation.

Within the framework of simplified linearized relations, formulas for estimating the optimal values of the parameters of the iterative process in the calculation of reinforced concrete shells are obtained.

Conclusion.

Thus, a practical criterion for determining the optimal values of parameters of viscoelastic shock-absorbing elements based on comparison of amplitude-frequency characteristics of a seismic wave and a shock-absorbed foundation slab in the case of periodic and limiting aperiodic motion is proposed.

References

1. Strelnikova E., Gnitsko V., Krutchenko D., Naumemko Y. Free and forced vibrations of liquid storage tanks with baffles. *Journal of Modern Technology & Engineering*, 2018. Vol. 3, No. 1. P.15–52.
2. Шелудько Г.А., Шупіков О.М., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В. Прикладний адаптивний пошук. Харків: Око, 2001. 191 с.
3. Шупіков А.Н., Бузько Я.П., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В. Нестационарные колебания многослойных пластин и оболочек и их оптимизация. Харьков: Харьк. нац. эконом. ун-т, 2004. 252 с.
4. Kurenkov S., Smetankina N., Pavlikov V., Dvoretzskaya D., Radchenko V. Mathematical model of the stress state of the antenna radome joint with the load-bearing edging of the skin cutout. *International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE)-2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham, 2022. Vol. 305. P. 287–295. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_28
5. Shupikov A.N., Smetankina N.V., Sheludko H.A. Selection of optimal parameters of multilayer plates at nonstationary loading. *Meccanica*, 1998, vol. 33, no. 6, pp. 553–564. <https://doi.org/10.1023/A:1004311229316>
6. Kuznetsov B.I., Kutsenko A.S., Nikitina T.B., Bovdii I.V., Kolomiets V.V., Kobylanskyi B.B. Method for design of two-level system of active shielding of power frequency magnetic field based on a quasi-static model. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2024, no. 2, pp. 31–39. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2024.2.05>
7. Сметанкіна Н.В., Шупіков О.М., Угрімов С.В. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багатошарового оскління при розподілених та локалізованих силових навантаженнях. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2016, № 3(58), с. 408–413.

8. Smetankina N.V. Non-stationary deformation, thermal elasticity and optimisation of laminated plates and cylindrical shells. Kharkiv: Miskdruk Publishers, 2011. 376 p.

9. Місюра С.Ю., Сметанкіна Н.В., Місюра Є.Ю. Раціональне моделювання кришки гідротурбін для аналізу міцності. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Сер.: *Динаміка і міцність машин*, 2019. № 1. С. 34–39. <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2019.1.187415>

10. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. In: *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 506–509. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.956998>

11. Smetankina N., Ugrimov S., Kravchenko I., Ivchenko D. Simulating the process of a bird striking a rigid target. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2020. P. 711–721. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_71

12. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Mathematical modeling. Information technology. Automated control system”*, 2019. Vol. 41. P. 46–54. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05>

UDC 519.6:001.5

FUNDAMENTAL RESEARCH OF MATHEMATICAL MODELS FOR COMPLEX SYSTEMS

D. Levkin¹, O. Zavgorodniy², Ya. Kotko³

Candidate of Engineering Science, Associate Professor¹

Doctor of Technical Sciences, Professor²

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor³

State Biotechnological University

The article examines the peculiarities of implementing mathematical models for complex systems. The authors pay particular attention to defining and substantiating the conditions for the correctness of boundary value problems that describe the state of complex systems.

Mathematical modeling is used to record physical phenomena in complex systems through mathematical expressions, based on causal relationships between the components of modeled systems and analysis of their properties. It should be noted that the constructed mathematical model must unambiguously define the modeled system. This is achieved because this mathematical model meets the condition of adequacy to the modeled complex system, and therefore a change in the initial data of the system leads to a change in the right-hand side of the differential equation and boundary conditions. According to the functions of mathematical models, structures, and behavior over time, there are functional, structural, informational, and behavioral

mathematical models. The most common forms of mathematical models are invariant, analytical, and algebraic. Depending on their focus, mathematical models are divided into computational and optimization models. An example of a computational mathematical model is any differential equation from a mathematical physics course. An optimization mathematical model is a formalization of the objective function, constraints on the objective function, and its parameters, based on the substantive formulation of the optimization problem.

Increasing the detail of the modeled system improves the accuracy of the calculated objective function and its parameters, but it complicates the form of differential equations from boundary value problems that describe the modeled systems. Therefore, boundary value problems must be checked for correctness. After constructing a mathematical model, the differential equation is converted into algebraic equations, which are then solved by numerical methods to obtain analytical or approximate solutions. At the same time, the errors of the methods for solving algebraic equations should be taken into account [1, 2]. As a rule, the function of solutions to differential equations is sought in the form of a power series. After solving algebraic equations using boundary conditions from boundary value problems, the unknown coefficients are found. The specificity of optimizing complex systems is that to optimize the objective function and its parameters, it is necessary to solve differential equations from boundary value problems that describe the modeled systems. That is, the errors of the found optimal values of the objective function and its parameters include errors of methods for solving differential equations, as well as errors of methods for searching and analyzing local extrema of the objective function [3].

The authors believe that instead of constructing and implementing mathematical models (computational and optimization) for each individual complex system, it is more expedient to propose mathematical models for a whole range of modeled complex systems. This will not only reduce the time and memory required to implement computational and optimization mathematical models on computers, but also increase the accuracy of finding optimal values for the objective function and its parameters.

References:

1. Serdyuk A., Shidlich A. Actual Problems of the Theory of Approximations in Metrics of Discrete Spaces on the Sets of Summable Periodic and Almost Periodic Functions. *Ukrains'kyi Matematychnyi Zhurnal*. 2024. Vol. 76. No. 11. S. 1653–1690. doi:10.3842/umzh.v76i11.8525
2. Kyrychenko V.V., Lesina E.V. Pro porushennia yedynosti rozv'iazku kraiovoi zadachi v bahatokutnyku. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: «Matematyka i informatyka»*. 2022. Vol. 40. No. 1. S. 60–68. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40\(1\).60-68](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2022.40(1).60-68)
3. Levkin D. Application of calculation methods for solving applied problems of heat and mass exchange in complex systems. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2023. No. 2. S. 179–182. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-74-24>

УДК 519.876:631.147:633.34:338.43

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ВИРОЩУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ СОЇ ЗА КЛІМАТИЧНИХ РИЗИКІВ

Чайка Т. О. к.е.н.

Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України

У роботі розроблено модель оцінки економічної результативності та стабільності восьми біотехнологічних схем вирощування органічної сої на основі трирічних експериментальних даних у Лівобережному Лісостепу України. Застосовано методи багатофакторного аналізу чутливості, стохастичного моделювання та матричної кластеризації для розробки Decision Matrix Model, що дозволяє визначити оптимальну стратегію за фінансовими ресурсами, рівнем ризику та ринковими сценаріями.

Соя (*Glycine max* (L.) Merrill) посідає провідні позиції у світовому рослинництві завдяки універсальності використання – від харчової промисловості до виробництва біодизелю [1]. Глобальний ринок сої у 2024 р. оцінювався в 160 млрд дол. США, а прогнозований обсяг до 2029 р. – 278 млрд дол. при середньорічному темпі зростання 7,2 %. Україна у 2024 р. досягла рекордного врожаю сої – 6,0 млн т, ставши ключовим драйвером виробництва в Європі та посівши друге місце за обсягами експорту органічної сої до ЄС (52,9 тис. т) [2, 3].

Перспективність вирощування органічної сої обумовлена її високою конкурентоспроможністю відносно традиційної. Мета-аналіз глобальних досліджень на прикладі 55 культур, вирощених на п'яти континентах, підтверджує, що попри зниження врожайності на 10–18 %, органічне землеробство залишається значно прибутковішим завдяки ціновим преміям 29–32 % [4]. Для органічної сої в Україні рівень рентабельності коливається від 91,7 % до 565,0 % залежно від каналів збуту та схем вирощування, що в 6–36 разів перевищує показники традиційного виробництва (15,8 %) [5].

Водночас перехід до органічного виробництва вимагає значних початкових інвестицій і стратегічного підходу до управління ризиками. Найбільше фінансове навантаження пов'язане з закупівлею спеціалізованої техніки для механічного контролю бур'янів (шлейф-борони, міжрядні культиватори), а також із впровадженням біотехнологічних інновацій для компенсації відмови від синтетичних засобів захисту. Глобальні кліматичні зміни додатково ускладнюють ситуацію: потенційні втрати врожаю сої можуть сягати 50–100 % за несприятливих умов [6]. У цьому контексті критично важливим стає пошук економічно обґрунтованих біотехнологічних рішень, здатних забезпечити не лише високу продуктивність, але й стабільність результатів за умов кліматичної невизначеності та ринкової волатильності.

Дослідження базувалося на результатах трирічного (2022–2024 рр.) польового експерименту в умовах органічного землеробства у Лівобережному Лісостепу України [7]. Досліджувалися вісім технологічних схем: 1) контроль;

2) Profix® (азотфіксуючі бактерії); 3) Віолар® (фітогормональний препарат); 4) Мікофренд®-р (мікориза + ризосферні бактерії); 5) Profix + Віолар; 6) Мікофренд-т + Profix; 7) Мікофренд-т + Віолар; 8) Мікофренд-т + Profix + Віолар.

Економічна оцінка включала розрахунок собівартості, валового доходу, прибутку та рентабельності з урахуванням ринкових цін 2025 року. Проведено: аналіз чутливості рентабельності до варіації цін (23, 25, 27, 30 і 32 тис. грн/т) і виробничих витрат (4, 5 і 6 боронувань); розрахунок коефіцієнтів варіації урожайності (CV) та цінової еластичності рентабельності; побудову матриці «прибутковість-ризик» та розробку Decision Matrix Model [8].

Для кількісної оцінки залежності економічної ефективності від зміни ринкової кон'юнктури застосовано коефіцієнт цінової еластичності рентабельності:

$$E = \frac{\Delta R/R}{\Delta P/P}, \quad (1)$$

де $\Delta R/R$ – відносна зміна рентабельності; $\Delta P/P$ – відносна зміна ціни реалізації продукції.

Стабільність урожайності за роками оцінювалась за допомогою коефіцієнта варіації:

$$CV = \left(\frac{\sigma_y}{\mu_y} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де σ_y – стандартне відхилення урожайності; μ_y – середнє значення урожайності.

Для розрахунку стандартного відхилення рентабельності використано формулу:

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}, \quad (3)$$

де R_i – значення рентабельності в i -му сценарії, $\bar{R}$ – середнє значення рентабельності, n – кількість сценаріїв.

Всі схеми біологічної обробки продемонстрували високу рентабельність, значно перевищуючи контрольний варіант [8]:

Аналіз варіабельності урожайності показав, що найбільшу стабільність продемонстрували комбіновані схеми 7 ($CV = 9,9\%$) і 8 ($CV = 9,7\%$), а контроль і схема 2 мали найвищу варіативність ($CV > 13\%$).

Таблиця – Економічна ефективність схем обробки органічної сої біопрепаратами

Технологічні схеми	Витрати ¹ , тис. грн/га	Середня врожайність за 2022–2024 рр., т/га	Дохід ² , тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Рента- бельність, %

1. Контроль	19,5	2,19	65,7	46,2	237,5
2. Profix	19,8	2,47	74,1	54,3	273,7
3. Біолар	20,1	2,63	78,9	58,8	292,8
4. Мікофренд	19,6	2,72	81,6	62,0	315,8
5. Profix+Біолар	20,4	2,83	84,9	64,5	315,5
6. Мікофренд+Profix	20,1	2,94	88,2	68,1	339,8
7. Мікофренд+Біолар	20,3	3,05	91,5	71,2	350,8
8. Мікофренд+Profix+Біолар	20,7	3,23	96,9	76,2	369,0

Примітки: 1. Розрахунок виробничих витрат здійснено з використанням адаптованої технологічної карти для 4 боронувань із врахуванням 20 % на непередбачувані витрати [9]. Витрати не враховують сертифікацію виробництва за органічними стандартами.

2. Розрахунок валового доходу здійснюється на основі ціни органічної сої, яка становить 30 тис. грн/т, виходячи з актуальних ринкових даних (non-GMO – 19,5–20,1 грн/т плюс премія за органічний статус 50–70 % [10], а також ціна 822 дол./т [11])

Виявлено обернену залежність між урожайністю та варіабельністю ($r = -0,73$, $p < 0,05$): комбіновані схеми забезпечують не лише вищу продуктивність, але й меншу чутливість до гідротермічних стресів. Навіть у стресовому 2024 р. схема 8 забезпечила врожайність 2,96 т/га проти 1,86 т/га контролю (приріст 59,1 %).

Моделювання рентабельності показало, що для всіх схем при 4 боронуваннях і ціні понад 23 тис. грн/т рентабельність перевищує 200 %, а при 6 боронуваннях та ціні понад 32 тис. грн/т досягається рентабельність понад 300 % лише для схем 7 і 8. За 5 боронувань поріг 200 % зберігається для: схем 6–8 – за всіх рівнів цін; схем 3–5 — за ціни ≥ 25 тис. грн/т; схеми 2 — за ціни ≥ 27 тис. грн/т; контролю — лише за ціни ≥ 30 тис. грн/т.

Коефіцієнти еластичності показали найвищу чутливість на контрольній схемі ($E = 1,63$), тоді як комбіновані схеми 7 і 8 мали найменшу цінову чутливість ($E = 1,39$). При збільшенні витрат еластичність зростає для всіх схем, але різною мірою: контроль – на 12,9 % (при 6 боронуваннях), схема 8 – лише на 6,5 %, що підтверджує стабілізуючий ефект біотехнологій.

Побудована двовимірна матриця за параметрами «рентабельність-ризик» виділила чотири стратегічні кластери [12]:

Кластер I «Високий дохід – Високий ризик»: схема 8 (рентабельність 331,5 %, $\sigma = 47,2$ п.п.) – для агресивних інвесторів з високим капіталом.

Кластер II «Збалансований підхід»: схеми 6–7 (280–290 %, $\sigma = 35$ –38 п.п.) – оптимальні для середніх господарств.

Кластер III «Консервативний підхід»: схеми 4–5 (250–260 %, $\sigma = 28$ –32 п.п.) – для малих фермерів та новачків.

Кластер IV «Мінімальний ризик»: схеми 2–3 (210–230 %, $\sigma = 22$ –25 п.п.) – за обмежених фінансових ресурсів.

Розроблено трирівневу модель прийняття рішень (Decision Matrix Model):

Рівень 1 – Фінансова спроможність: бюджет < 20 тис. грн/га $\rightarrow$ схема 4; бюджет 20–20,5 тис. грн/га $\rightarrow$ схеми 3, 6, 7; бюджет $> 20,5$ тис. грн/га $\rightarrow$ схеми 5, 8.

Рівень 2 – Профіль ризику: консервативний $\rightarrow$ схеми 4–5; збалансований $\rightarrow$ схеми 6–7; агресивний $\rightarrow$ схема 8.

Рівень 3 – Ціновий сценарій: песимістичний (< 27 тис. грн/т) → пріоритет схем 8, 7, 6; базовий (27–30 тис. грн/т) → схеми 8, 7, 6, 5, 4; оптимістичний (> 30 тис. грн/т) → схема 8 як кращий вибір.

Висновок

Впровадження сучасних біотехнологічних рішень у вирощуванні органічної сої в умовах кліматичних коливань дозволяють отримати не лише найвищу продуктивність і високу економічну ефективність інновацій, але й максимальну стабільність. Використання моделей, таких як Decision Matrix Model, дає можливість оптимізувати вибір біотехнологічних стратегій, з урахуванням фінансових можливостей, профілю ризику та ринкових сценаріїв, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо стратегії виробництва.

Список використаних джерел

1. Chaika T., Lotysh I. The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2025. Vol. 29 (2). P. 34–49. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.34>
2. Soybean market size & share analysis – growth trends & forecasts (2024–2029). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/soybean-market>.
3. Тулаїнова Є. Україна нарощує експорт сої на новий ринок. У жовтні загальний обсяг поставок був рекордним. *Latifundist*. 2024. URL: <https://latifundist.com/novosti/65968-ukrayina-naroshchuye-eksport-soyi-na-novij-rinok-u-zhovtni-zagalnij-obsyag-postavok-buv-rekordnim>.
4. Crowder D. W., Reganold J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015. Vol. 112(24). P. 7611–7616. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1423674112>
5. Казакова І. В., Кондратюк Н. В. Ефективність виробництва сої та розвиток ринку соєвих продуктів в Україні і світі. *Ефективна економіка*. 2015. № 5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4070>.
6. Resilience of soybean cultivars to drought stress during flowering and early-seed setting stages / S. Poudel et al. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13, 1277. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28354-0>
7. Absciscic acid and biopreparations as markers of organic soybean adaptation to hydrothermal stress / T. Chaika et al. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21 (3). P. 76–95. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2025.76>
8. Чайка Т. О., Ратошнюк В. І., Ратошнюк Т. М. Економічна ефективність та управління біотехнологічними інноваціями у вирощуванні органічної сої за кліматичних ризиків. *Раціональне використання природних ресурсів в умовах глобальних викликів* : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Астрія, 2025. С. 137–167. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23929.33122>
9. Чайка Т. О., Пономаренко С. В. Технологічно-економічні особливості вирощування органічної сої та озимої пшениці на фураж. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 1. С. 100–106.

10. Маковей Ю. Органічна соя: українські фермери подвоюють експорт в умовах війни. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1752-organichna-soya-ukrayinski-fermeri-podvoyuyut-eksport-v-umovah-viyni>.

11. National organic grain and feedstuffs report. USDA, 2025. URL: <https://www.ams.usda.gov/mnreports/lsbnof.pdf>.

12. Чайка Т. О., Ратошнюк Т. М., Ратошнюк В. І. Економічна ефективність органічної сої в умовах кліматичних ризиків: інструменти для сталих бізнес-моделей. *Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України* : Міжнар. наук.-практ. конф., 22–26 верес. Житомир : Житомирська політехніка, 2025. С. 143–144.

УДК 621.791

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ З ВВЕДЕННЯМ ПОРОШКІВ ГЛИНИ У НАПЛАВЛЕННЯ НА ЗНОС

Мельников В. Є. магістрант, Рибалко І. М. д.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено результати дослідження відновлювальних покриттів з застосування порошків глини до наплавлення для підвищення стійкості на знос.

Глину та суглинки можна використовувати для створення зносостійких покриттів, що збільшують термін служби деталей, які експлуатуються в умовах абразивного зношування та високих навантажень (наприклад, лапи культиваторів). Ефективним методом є додавання глиняної суспензії до розплаву металу під час зварювання шляхом нанесення її на електрод.

Однак ремонтні підприємства не завжди мають доступ до бентонітової глини (табл. 1). В Україні існує багато інших родовищ глини, тому було досліджено можливість використання матеріалу з Куп'янського (табл. 2) та Прилукського родовищ (табл. 3) [1-3]. Перед застосуванням будь-яку глину, як і бентонітову, необхідно проаналізувати на хімічний склад та підготувати (подрібнити, висушити).

Хімічний аналіз показав, що глина з Куп'янського родовища містить велику кількість кальцію (56,455%), через що вона є гігроскопічною та схильна до утворення грудок при подрібненні. Натомість у глині з Прилукського родовища виявлено підвищений вміст кремнію (73,243%), що забезпечило їй хорошу сипкість і легкість подрібнення. Були проведені випробування на зношування для оцінки якості наплавленого шару на сталі 45 з використанням електрода Е432 (табл. 4) з різними типами глиняної обмазки. Метою було вивчити розподіл хімічних елементів з покриття в наплавленому металі.

Таблиця 1 – Хімічний склад використовуваної бентонітової глини, %

Fe	K	Ca	S	Mg	Si	Al	Na
1,65	0,25	0,15	0,06	0,2	54,88	32,42	0,3

Таблиця 2 – Хімічний склад глини Куп'янського родовища, %

Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Si	P	S	Cl
5,225	1,129	6,551	0,623	56,455	0,341	19,2	8,5	1,0-1,5	7,0

Таблиця 3 – Хімічний склад глини Прилукського родовища, %

Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Si	S
0,815	0,586	8,822	1,179	1,405	1,917	73,243	2,5

Таблиця 4 – Хімічний склад наплавленого шва електродом Е46- Моноліт-РЦ-УД (Е432 (3) -РЦ11), %

Mn	Si	З	P	S
0,40-0,65	0,15-0,40	0,11	0,035	0,030

Таблиця 4 - Випробування на зношування покриттів

Зразок	Значення $f_{тр}$		Величина зносу, г (сумарна)
	при сухому терті, $P=50H$	з H_2O , $P=100H$	
Наплавлення електродом Е46 - Моноліт	0,28	0,217	0,0928
Наплавлення електродом з додатковим введенням глини Прилукського родовища	0,25	0,130	0,0678
Наплавлення електродом з додатковим введенням глини Куп'янського родовища	0,256	0,213	0,1242

Як видно з табл. 5, найефективнішою є модифікація глиною Прилукського родовища, що забезпечує зниження зносу приблизно на 27%.

Напроти, використання глини Куп'янського родовища призвело до збільшення зносу, що пояснюється її специфічним хімічним складом та впливом на властивості покриття. Важливо відзначити, що незважаючи на це, дана добавка знижує коефіцієнт тертя в умовах сухого ковзання. Крім того, висока частка глинозему (SiO_2) у такій глині сприяє його кращому засвоєнню в умовах вологого ґрунту через легку розчинність. Для забезпечення якості покриттів необхідними умовами є попередній хімічний аналіз добавки, контроль її частки та стану.

Висновок

Проведені дослідження підтвердили перспективність застосування місцевих глин України для створення антифрикційних покриттів при електродуговому наплавленні. Встановлено, що ефективність таких покриттів суттєво залежить від хімічного складу глини. Найкращі результати щодо

підвищення зносостійкості показала глина Прилукського родовища з високим вмістом кремнію, що забезпечило зниження зносу приблизно на 27%. Напроти, використання гігроскопічної глини Куп'янського родовища з підвищеним вмістом кальцію призвело до збільшення зносу, незважаючи на позитивний вплив на зниження коефіцієнта тертя в умовах сухого ковзання. Таким чином, для отримання стабільно якісних покриттів необхідним є обов'язковий попередній хімічний аналіз глиняної домішки, контроль її масової частки та технологічного стану.

Список використаних джерел

1. Розробка технології відновлення деталей наплавленням за допомогою введення домішок. / Т.С. Скобло, О.І. Сідашенко, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов. Промисловість у Фокусі. Харків, 2018. № 2. С. 51-58.
2. Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Рибалко І.М. Використання дисперсних домішок вторинної сировини при відновленні деталей машин. *Інф.-аналіт. міжн. техн. журнал: Промисловість в фокусі*. Харків, 2019. №12 (84). С. 55-57.
3. Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Захаров А.В. Застосування глини в ремонтному виробництві. *Scientific research in the modern world. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2023. Pp. 237-247.

УДК 631.1: 678

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ ДЕТАЛІ РОБОЧОГО ОРГАНУ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Вітер В.А., асистент кафедри експлуатації машинно-тракторного парку

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна.*

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування технологічного процесу лиття під тиском робочого органу розкидача мінеральних добрив з полімерно-композитного матеріалу та визначення оптимальних параметрів для її виготовлення. Актуальність роботи обумовлена необхідністю заміни традиційних металевих елементів сільськогосподарської техніки на легкі, але водночас корозійностійкі полімерні аналоги.

Опис дослідження та основні результати

Для проведення моделювання використовувався програмний комплекс SOLIDWORKS Plastics Premium 2023 SP4.0. Об'єктом дослідження виступала 3D-модель деталі робочого органу розкидача (Рис. 1), а в якості матеріалу був обраний Generic PA6 + 20% вуглецевого волокна. Цей матеріал має необхідну комбінацію механічної міцності та хімічної стійкості, що робить його придатним для роботи в умовах сільського господарства. Тип аналізу дозволив визначити основні параметри процесу інжекції, включаючи динаміку течії розплаву та необхідне навантаження на обладнання.

Основні вхідні параметри, які були встановлені для симуляції, наведені у Таблиці 1. Ці параметри обиралися, виходячи з технологічних рекомендацій для лиття обраного матеріалу, а також з урахуванням характеристик типового литтєвого обладнання, зокрема максимального тиску інжекції 140 МПа.

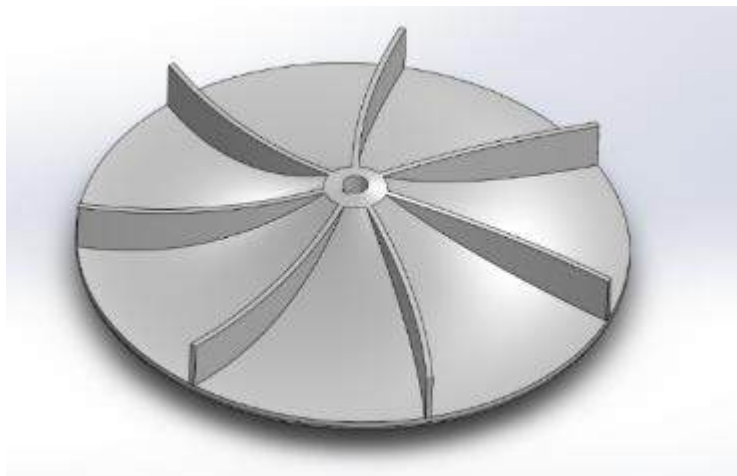


Рис. 1. 3D-модель робочого органу розкидача мінеральних добрив

Таблиця 1 - Основні вхідні параметри моделювання

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Матеріал	Generic PA6+20% вуглецевого волокна	—
Температура розплаву	255	°C
Температура прес-форми	85	°C
Ліміт тиску інжекції	140	МПа

Результати моделювання (Таблиця 2) підтвердили високу технологічність деталі для обраного процесу. Час заповнення порожнини прес-форми склав усього 9,85 секунди (Рис. 2), що є прийнятним для серійного виробництва. Критично важливі показники тиску інжекції та сили замикання виявилися значно нижчими за встановлені ліміти: необхідний тиск – 3,1989 МПа, а максимальна сила замикання – 3,6856 т (Рис.3). Це свідчить про можливість використання менш потужного та, відповідно, економічно вигіднішого обладнання.

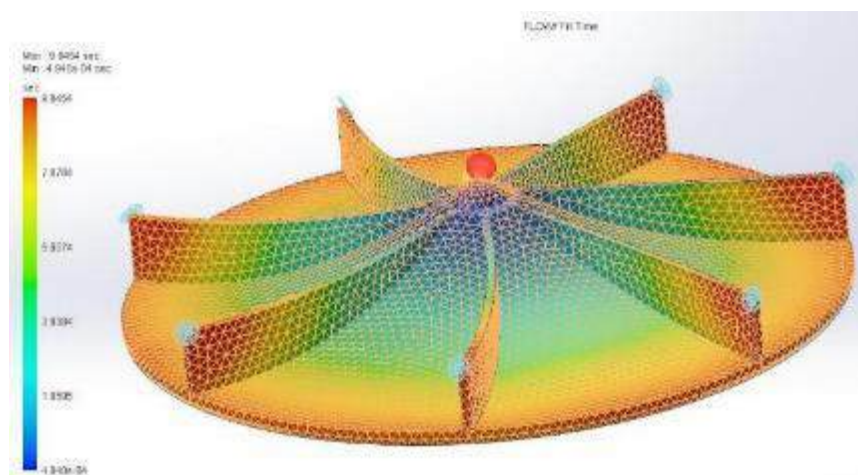


Рис. 2. Розподіл часу заповнення (Fill Time)

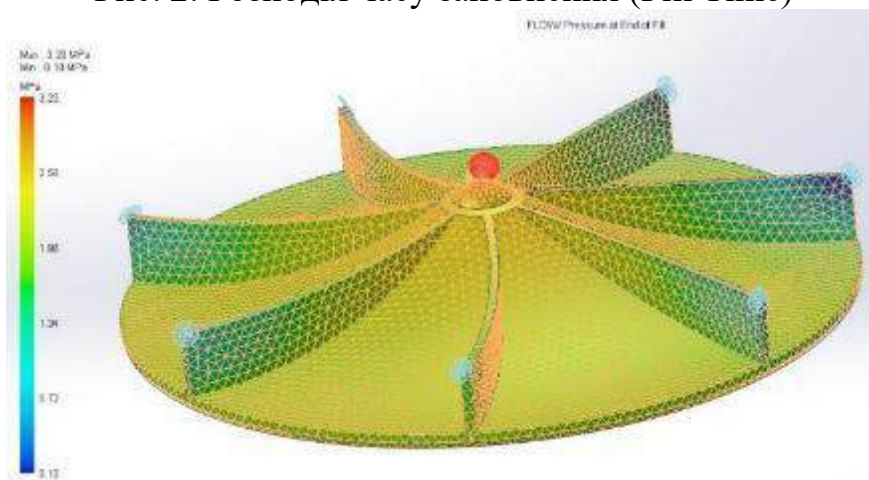


Рис. 3. Розподіл тиску в кінці заповнення (Pressure at End of Fill)

Таблиця 2 - Ключові Технологічні Результати Моделювання

Показник	Макс. Розрахункове Значення	Допустимий ліміт
Час заповнення (Fill Time)	9,85 сек.	—
Необхідний тиск інжекції	3,1989 МПа	140 МПа
Макс. сила замикання (Y-dir)	3,6856 Тонни	100 Тонн
Макс. напруга зсуву	0,1078 МПа	0,5 МПа

Висновок

Проведене моделювання процесу лиття під тиском підтвердило принципову технологічну здійсненність виготовлення деталі робочого органу розкидача мінеральних добрив з полімерно-композитного матеріалу Generic PA6 + 20% вуглецевого волокна. Ключові технологічні показники, такі як необхідний тиск інжекції 3,1989 МПа, значно нижчі за ліміти стандартного обладнання. Це свідчить про економічну доцільність та низьку енергоємність процесу.

Список використаної літератури

1. Алієв, Ельчин Бахтияр огли. "Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва." *Київ: Аграрна наука* (2023).
2. Вітер, Віталій Андрійович. "Обґрунтування конструкції деталей рухомих з'єднань виготовлених з композитних матеріалів." (2024).
3. Деркач, О. Д., Д. О. Макаренко, and В. А. Вітер. "Розробка та обґрунтування складу полімерно-композитних матеріалів для трибоспряжень сільськогосподарської техніки." (2024).
4. Оробченко, Андрій Павлович, and Володимир Миколайович Дворжак. "Оптимізація виготовлення деталей із полімерів для легкої промисловості за допомогою технологій Industry 4.0: розвиток технології сае та еволюція процесу лиття полімерів під тиском." *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Національний університет "Чернігівська політехніка"*, 2025.

УДК 631.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ

Масленніков Д.І., к. фіз.-мат. н., доцент

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Наведено аналіз врожайності кукурудзи на дослідному полі ДБТУ. Проаналізовано вплив основних чинників, що впливають на врожайність. Виділено головні з них. Складена математична модель врожайності в залежності від головних чинників.

Можливість спрогнозувати врожайність с/г культур, визначити основні актори, що впливають на цей показник є однією з найважливіших задач сучасної аграрної науки, оскільки точна оцінка характеристик поля і передбачення рівня врожайності на ранніх етапах дає змогу уникнути втрат урожаю, поліпшити його якісні характеристики, спланувати та раціонально організувати технологічний процес і позитивно впливати на забезпечення продовольчої безпеки. Наукові дослідження з розроблення моделей продуктивності кукурудзи проводили на основі результатів польових дослідів, виконаних упродовж 2019–2021 рр. на дослідному полі ХНАУ ім. В.В. Докучаєва (зараз ДБТУ).

У таблиці позначено: ρ - щільність орного шару, г/см^3 ; T_v – твердість орного шару ґрунту, кг/см^2 ; V - запаси вологи у ґрунті, мм; B - маса сухих бур'янів, г/м^2 ; ЦА – Целюлозолітична активність, %; Темп – середньорічна температура повітря, $^\circ\text{C}$; O – кількість опадів, мм; Y – урожайність, т/га.

Проведено множинний кореляційний аналіз отриманих даних, з'ясовано від яких розглянутих факторів залежить урожайність і складено рівняння множинної регресії.

Для кореляційного аналізу даних знайдено коефіцієнти кореляції кожної з 8 величин з кожною і з цих коефіцієнтів складено матрицю.

Таблиця 1– Характеристики ділянок

	Щ	Тв	В	Б	ЦА	Темп	О	У
Ділянка 1, 1-й рік	1,15	17,4	23,8	20,4	20,3	9,6	492,6	6,92
Ділянка 2, 1-й рік	1,2	18,8	23,7	34,1	15,1	9,6	492,6	6,58
Ділянка 3, 1-й рік	1,18	17,9	23,5	27,2	17,4	9,6	492,6	6,67
Ділянка 4, 1-й рік	1,21	19,6	23	38,2	16	9,6	492,6	6,51
Ділянка 1, 2-й рік	1,15	21,7	24,4	28,4	26,2	10,6	687,3	6,25
Ділянка 2, 2-й рік	1,21	26,4	24,2	42,5	23,2	10,6	687,3	5,62
Ділянка 3, 2-й рік	1,18	24	24,3	39,1	24,3	10,6	687,3	5,96
Ділянка 4, 2-й рік	1,21	27,5	23,6	43,7	15,9	10,6	687,3	5,59
Ділянка 1, 3-й рік	1,25	11,9	24,1	18,1	25,3	12	1007,2	6,93
Ділянка 2, 3-й рік	1,28	12,3	24	25,4	24,4	12	1007,2	6,39
Ділянка 3, 3-й рік	1,26	12,7	25,2	23,2	25,2	12	1007,2	6,62
Ділянка 4, 3-й рік	1,29	13,7	23,5	26,7	17,3	12	1007,2	6,11

Таблиця 2 – Матриця кореляції:

	Щ	Тв	В	Б	ЦА	Темп	О	У
Щ	1	-0,59	0,08	-0,22	0,06	0,81	0,82	-0,03
Тв	-0,59	1	-0,14	0,87	-0,21	-0,53	-0,57	-0,74
В	0,08	-0,14	1	-0,27	0,81	0,50	0,49	-0,001
Б	-0,22	0,87	-0,27	1	-0,37	-0,39	-0,41	-0,81
ЦА	0,06	-0,21	0,81	-0,37	1	0,55	0,54	0,07
Темп	0,81	-0,53	0,50	-0,39	0,55	1	0,999	-0,07
О	0,82	-0,57	0,49	-0,41	0,54	0,999	1	-0,04
У	-0,03	-0,74	-0,001	-0,81	0,066	-0,07	-0,04	1

Нажаль, знайдені і записані до матриці коефіцієнти кореляції урожайності з 7 можливими факторами впливу не відображають дійсної залежності між урожайністю і кожним фактором окремо, оскільки у кожному досліді змінюються усі фактори. Для оцінки впливу кожного фактора окремо знайдено часткові коефіцієнти кореляції за формулою:

$$r_{ij} = -\frac{D_{ij}}{\sqrt{D_{ii}D_{jj}}}, \quad (1)$$

де r_{ij} – частковий коефіцієнт кореляції між i -м та j -м фактором (з урожайністю включно), D_{ij} – алгебраїчне доповнення матриці кореляції, що відповідає елементу, який стоїть на перетині i -го рядка і j -го стовпця.

Як можна побачити з результатів, урожайність в основному залежить від щільності, температури та кількості опадів, залежності від забур'яненості та целюлозолітичної активності середня (враховується за необхідності уточнити прогнозні значення), враховувати запаси вологості непотрібно, оскільки є досить велика кількість інших факторів, що мають більший вплив на урожайність. Залежністю від твердості ґрунту можна знехтувати.

Таблиця 3 – Часткові коефіцієнти кореляції (при фіксованих інших змінних):

Щ	$r_{y1}=$	-0,69
Тв	$r_{y2}=$	0,13
В	$r_{y3}=$	-0,30
Б	$r_{y4}=$	0,45
ЦА	$r_{y5}=$	0,43
Темп	$r_{y6}=$	-0,71
О	$r_{y7}=$	0,71

Формули множинної прямої лінії регресії:

$$y=103,822 - 10,700\text{Щ} - 11,666\text{Темп}+0,056\text{О} \quad (2)$$

з урахуванням тільки основних факторів;

$$y=141,871 - 14,948\text{Щ}+0,024\text{Б}+0,015\text{ЦА} - 16,378\text{Темп}+0,079\text{О} \quad (3)$$

з урахуванням додаткових факторів.

Множинний коефіцієнт кореляції знаходиться за формулою

$$R = \sqrt{1 - \frac{D}{D_{00}}}, \quad (4)$$

де D – визначник (детермінант) матриці кореляції, D_{00} – алгебраїчне доповнення, що відповідає елементу цієї матриці, який знаходиться у останньому рядку та останньому стовпцю. Він характеризує загальну ступінь залежності урожайності від вищевказаних факторів. $R=0,984$.

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,968$ – показує, який відсоток мінливості урожайності пояснюється даними факторами. Значення близько до 1, отже, наша модель є адекватною (має практичну цінність).

Висновок

За результатами дослідження проаналізовано вплив основних природних факторів на врожайність кукурудзи на дослідному полі ДБТУ за три роки на 4-х різних ділянках. Показано, що урожайність в основному залежить від щільності орного шару ґрунту, середньорічна температура повітря та кількості опадів. Складено математичну модель врожайності кукурудзи в залежності від вказаних вище чинників. Показана адекватність моделі.

Список використаних джерел

1. Tsyliuryk A. I., Shevchenko S. M., Gonchar N.V., Ostapchuk Ya.V., Shevchenko O. M., Derevenets-Shevchenko K. A. Agrophysical and biotic factors of regulation of biological activity of soil in the crop rotation. Agricultural and mechanical engineering: Materials of International Symposium ISB-INMA TECH (Bucharest, 01-03 November, 2018) 2018. p.185–191.

2. Шевченко О. М., Шевченко С. М. Епоха потепління і кукурудза. Журнал «Farmer». №3 (51). березень 2014 р. С. 42–44.

3. Шевченко М., Черчель В., Шевченко С. Наука підвищує врожай. The Ukrainian Farmer, Вересень 2020. С. 16–17.

УДК 664.64.016.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗМІШУВАННЯ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

**Мануєнков Д.О., аспірант, Торяник Д.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
Аксьонова О.Ф., канд. техн. наук, доцент**

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто проблеми визначення фізичних властивостей багатокомпонентної суміші в процесі виробництва харчових продуктів. Запропоновано алгоритм фізико-математичного моделювання процесу змішування і теоретичного знаходження властивостей суміші за відомими фізичними властивостями початкових компонентів продукту. Показана принципова можливість визначення властивостей суміші без проведення експерименту.

В основі більшості технологічних та механічних процесів, що використовуються в харчовій промисловості, лежать процеси змішування, нагріву і т. ін. Приготування будь-якого харчового продукту найчастіше супроводжується операцією змішування різних компонентів, що мають визначені властивості, які в більшості випадків відомі. При цьому з'являється продукт, фізико-хімічні властивості якого є новими, невідомими та визначаються компонентами, що змішуються, та взаємодією між ними. Експериментальне визначення цих властивостей пов'язано, як з матеріальними витратами, так і з витратами часу. Якщо вихідні властивості компонентів відомі, то доцільно використовувати їх для визначення властивостей отриманого продукту без проведення експерименту, тобто шляхом теоретичного фізико-математичного моделювання з використанням можливостей комп'ютерної техніки. З математичної точки зору це означає відновлення вигляду деякої невідомої функції, що визначає фізичні властивості кінцевого або проміжного продукту, за відомими функціями властивостей компонентів.

Розглянемо дві ізольовані довільні області простору, що мають об'єми V_1 і V_2 , в яких задані функції $f_1(q)$ і $f_2(q)$ одних і тих самих узагальнених координат q , що визначають деякий один і той самий фізичний параметр областей. Поєднаємо ці області в одну з об'ємом V . Виходячи з того, що усі фізичні величини або адитивні (маса, енергія, заряд та інші). або можуть бути виражені через адитивні величини, припустимо, що існують такі оператори, для яких виконується рівність

$$f(q) = \hat{A}f_1(q) + \hat{B}f_2(q), \quad (1)$$

де $f(q)$ невідома функція, що визначає той самий параметр об'єднаної області, $\hat{A}$ і $\hat{B}$ деякі оператори що перетворюють функції $f_1(q)$ і $f_2(q)$.

При змішуванні двох речовин, які мають різні сталі густини ρ_1 і ρ_2 та зосереджених відповідно в об'ємах V_1 і V_2 густина суміші знайдеться за формулою

$$\rho = \frac{V_1}{V} \rho_1 + \frac{V_2}{V} \rho_2. \quad (2)$$

Ця формула повністю відповідає рівності (1), легко узагальнюється на випадок довільної кількості компонентів

$$\rho = \sum_i \hat{A}_i \rho_i \quad (3)$$

та буде вірною при змішуванні газів та рідин, розчиненні твердого тіла у рідині або суміші рідин без суттєвих хімічних перетворень.

Якщо густина розподілена в об'ємі неоднорідно, а залежить від координат, то має місце формула

$$\rho(x, y, z) = \frac{\hat{I}_1}{\hat{I}} \rho_1(x, y, z) + \frac{\hat{I}_2}{\hat{I}} \rho_2(x, y, z), \quad (3)$$

де $\hat{I} = \iiint_V \rho(x, y, z) dV$, $\hat{I}_1 = \iiint_{V_1} \rho_1(x, y, z) dV$ і $\hat{I}_2 = \iiint_{V_2} \rho_2(x, y, z) dV$ оператори інтегрування відповідно за об'ємами V , V_1 і V_2 . Під діленням на оператор $\hat{I}$ розуміється розв'язання інтегрального рівняння.

Якщо змішування супроводжується хімічними реакціями або продовжується визначений час, в продовж якого потрібно контролювати параметри суміші, то густина ще змінюється з часом. При об'єднанні декількох об'ємів з різними густинами в один виникає потік маси через поверхню розділу областей S

$$J = \iint_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS, \quad (4)$$

де $\mathbf{F}$ - векторне поле, що утворюється градієнтом густини в дифузних процесах або полем швидкостей частинок в конвекційних процесах, $\mathbf{n}$ - вектор нормали к зовнішній стороні поверхності S . Цей потік чисельно дорівнює масі речовини що проходить через поверхню S за одиницю часу. Якщо поверхня S замкнена, то в силу теореми Остроградського-Гауса маємо

$$\oint_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS = \iiint_V \operatorname{div} \mathbf{F} dV, \quad (5)$$

Що дає можливість зв'язати зміну маси за часом в об'ємі з дивергенцією векторного поля

$$\frac{dm}{dt} = - \iiint_V \operatorname{div} \mathbf{F} dV. \quad (6)$$

Використовуючи формулу (2) отримуємо

$$\iiint_V \frac{d\rho}{dt} dV = - \iiint_V \operatorname{div} \mathbf{F} dV \quad (7)$$

та маємо рівняння Фіка

$$\frac{d\rho}{dt} = -\operatorname{div} \mathbf{F}. \quad (8)$$

При змішуванні двох компонент маємо

$$m = m_1(t) + m_2(t) = \text{const} \quad (9)$$

та

$$\frac{dm_1}{dt} + \frac{dm_2}{dt} = 0, \quad (10)$$

тоді

$$\frac{d}{dt} \iiint_V \rho(x, y, z) dV = \frac{d}{dt} \iiint_{V_1} \rho_1(x, y, z) dV + \frac{d}{dt} \iiint_{V_2} \rho_2(x, y, z) dV = 0, \quad (11)$$

що свідчить про наявність двох взаємно проникаючих потоків маси

$$\frac{d}{dt} \iiint_{V_1} \rho_1(x, y, z) dV = -\frac{d}{dt} \iiint_{V_2} \rho_2(x, y, z) dV \quad (12)$$

та дозволяє контролювати властивості суміші безпосередньо в процесі змішування.

Висновок.

Проведені дослідження дозволяють припустити, що запропонований метод фізико-математичного моделювання дозволяє досліджувати як готові суміші, так і їх властивості впродовж приготування. Показана принципова можливість визначення фізичних можливостей суміші за відомими властивостями компонентів що змішуються. Розроблено фізико-математичний алгоритм розрахунку фізичних властивостей суміші у технологічних процесах.

Список використаних джерел

1. Циб В.Г. Аналіз методів оцінювання якості змішування рідких компонентів при виробництві безалкогольних напоїв / В.Г. Циб, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь:ТДАТУ. – 2014. – Вип.14., т.1 – с. 7-12.
2. Самойчук К.О. Визначення вмісту цукрового сиропу в напої при змішуванні у протитечійно-стуминному апараті / К.О. Самойчук, В.В. Паніна, О.В. Полудненко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса:ОНАХТ. – 2016. – Вип.1., т.80 – с. 164-169
3. Погожих М.І. Визначення фізичних властивостей сумішей в технологічних процесах /М.І. Погожих, Д.О. Торяник // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./ відпов. ред. О.І. Черевко.– Харків: ХДУХТ, 2018. – Вип. 1(27). – С. 333-343.

Секція 6

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ І
МАТЕРІАЛИ В СЕРВІСНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ ТА
МАШИНОБУДУВАННІ**

УДК 621.928.37

ОПТИМІЗАЦІЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БЛОКУ ПІДГОТОВКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ ЕКСТРУДЕРА SJ-55-800 З МЕТОЮ ЗАПОБІГАННЯ ДЕФЕКТАМ ПРИ ОТРИМАННІ ПОЛІЕТИЛЕНОВОЇ ПЛІВКИ**Брик І.І., магістр, Калюжний О.Б., к.т.н., доцент***Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

У роботі представлено експериментальні дослідження впливу якості очищення повітря на якість поліетиленової плівки при товщині 50 мкм. Порівняно базову систему фільтрації зі звичайним фільтруючим елементом та покращену - з фторопластовим елементом. Наведено чисельні приклади розрахунків опору фільтра за рівняннями Дарсі, аналіз впливу на частку дефектів і варіацію товщини.

В умовах сучасного виробництва полімерних пакувальних матеріалів стабільність технологічного процесу та якість готової продукції значною мірою залежать від ефективності системи очищення повітря, що подається в зону формування плівки [1]. Особливо це стосується екструзійних ліній із повітряним кільцем, де навіть незначні зміни у стані повітряного потоку можуть спричинити нерівномірність товщини, поява дефектів та погіршення механічних властивостей поліетиленової плівки (рис.1). У цих умовах вибір конструкції та матеріалу фільтрувального елемента стає критичним фактором, що визначає перепад тиску в повітряному тракті та стабільність режимів охолодження.

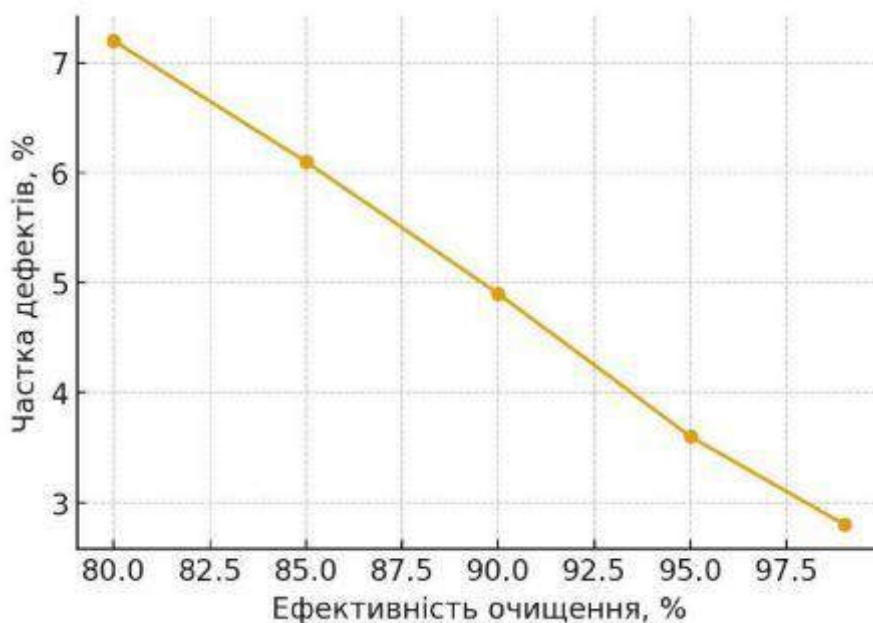


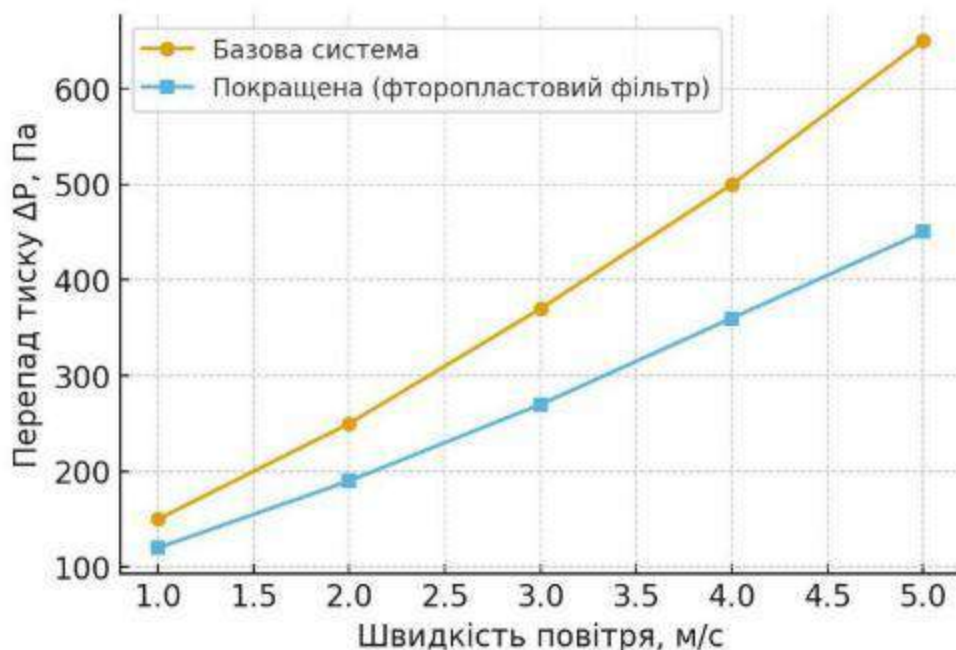
Рисунок 1 – Вплив ефективності очищення повітря на кількість дефектів поліетиленової плівки

Дослідження проводилися на типовій технологічній лінії екструзійного виготовлення плівки з повітряним кільцем. Порівнювались дві системи фільтрації: базова - зі звичайним фільтруючим елементом та покращена - з фторопластовим фільтруючим елементом [2-3]. У процесі експерименту вимірювалися: перепад тиску ΔP у фільтрувальному елементі, швидкість потоку повітря v (рис.2), концентрація частинок у повітрі до і після елемента, середня товщина плівки (взята як 50 мкм) та стандартне відхилення товщини для обчислення коефіцієнта варіації, а також частка дефектів на поверхні плівки (табл.1). Для отриманих експериментальних значень проведено чисельну перевірку за рівняннями Дарсі з метою оцінки проникності матеріалу фільтра та очікуваних втрат тиску при вибраних робочих швидкостях.

Таблиця 1 – Вплив модернізації системи очищення на якість

Показник	До модернізації	Після модернізації
Середня товщина плівки, мкм	50	50
Стандартне відхилення, мкм	2,7	1,3
Коефіцієнт варіації, %	4,5	2,2
Частка дефектів, %	7,4	2,8
Ефективність очищення, %	83,4	94,2
Перепад тиску ΔP , Па	420	360

Для оцінки опору фільтрувального елемента використано рівняння Дарсі у вигляді $\Delta P = \mu \cdot L \cdot v / K$. Ця формула дозволяє зв'язати виміряний перепад тиску з проникністю матеріалу (коефіцієнтом K) при відомих умовах: динамічній в'язкості μ , товщині шару L та швидкості v .

Рисунок 2 – Залежність перепаду тиску ΔP від швидкості повітря v для базової та покращеної систем фільтрації

Як приклад, використовуючи експериментальні значення перепаду тиску при $v = 3$ м/с ($\Delta P = 420$ Па, $\Delta P = 360$ Па), отримуємо оцінки проникності K матеріалу фільтра:

$$K_{\text{баз}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,002 \cdot 3}{420} = 2,57 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$$

$$K_{\text{покp}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,002 \cdot 3}{360} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$$

$$K_{\text{покp}} > K_{\text{баз}}$$

Покращений (фторопластовий) елемент має більшу проникність при тих самих умовах, що корелює зі зменшенням перепадом тиску.

Висновок

Проведені дослідження та розрахунки показують, що застосування фторопластового фільтруючого елемента зменшує опір фільтраційного шару при збереженні високої ефективності очищення, що позитивно впливає на якість плівки. За формулою Дарсі визначено проникність матеріалу: K для базового елемента $2,57 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$, для фторопластового $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$. Практично, зростання ефективності очищення з 83,4 % до 94,2 % супроводжується зменшенням частки дефектів плівки з 7,4 % до 2,8 % та зниженням коефіцієнта варіації товщини з $\approx 4.5\%$ до $\approx 2.2\%$, що підвищує технологічну стабільність процесу та знижує кількість браку. Впровадження фторопластових елементів доцільне з огляду на підвищення якості продукції та економію ресурсів.

Список використаних джерел

1. Cuesta F., Camacho A. M., Rubio E. M. Influence of the main blown film extrusion process parameters on the mechanical properties of a high-density polyethylene hexene copolymer and linear low-density polyethylene butene copolymer blend used for plastic bags. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 22. P. 12164. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132212164>.
2. Kaliuzhnyi O.B., Platkov V.Ya. The structure and properties of porous poly(tetrafluoroethylene). *J. Polym. Res.*, 2022. 29, pp. 32-37 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10965-022-02887-w>
3. Kaliuzhnyi O. B., Platkov V. Ya. Formation of Porous Poly(tetrafluoroethylene) Using a Partially Gasified Porogen. *Iran J. Mater. Sci. Eng.*, 2020. 2, 17, pp. 13-19 DOI: <https://doi.org/10.22068/ijmse.17.2.13>

УДК 669.14.017.3

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ХОЛОДНОЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ: АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ

Максимчук В. О. магістр, Ключко О. Ю. д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є аналітичний огляд особливостей термічної обробки інструментальних легованих сталей системи Cr-Mn-Si, з'ясування впливу стадій відпалу та гартування на формування мікроструктури, а також визначення їх значення для забезпечення експлуатаційних властивостей інструмента для холодної обробки тиском.

Інструментальні леговані сталі системи Cr-Mn-Si широко застосовуються у виробництві штампового інструменту для холодної обробки тиском, де вони зазнають значних контактних навантажень, абразивного зношування та циклічної зміни напружень [1]. Експлуатаційні властивості таких інструментів значною мірою визначаються правильно організованою термічною обробкою, яка дозволяє забезпечити необхідну твердість, розмірну стабільність, тріщиностійкість та зносостійкість. Для сталей системи Cr-Mn-Si традиційна схема термічної обробки включає відпал для зняття напружень, гартування та остаточне відпускання (рис.1).

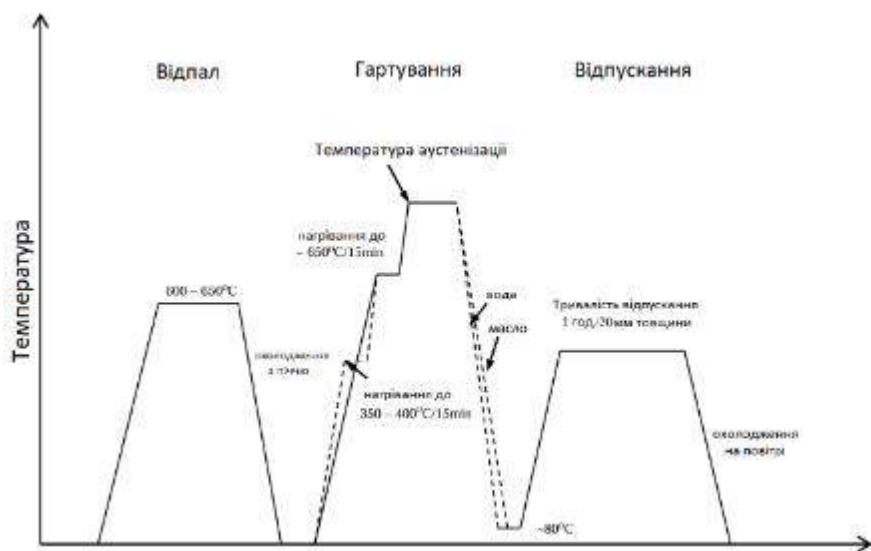


Рис. 1. Типова схема термічної обробки сталей системи Cr-Mn-Si [2]

Початковий відпал виконується з метою усунення напружень, що виникли внаслідок пластичної деформації металу під час механічної обробки різанням. Режим відпалу визначається масою, геометрією інструмента і теплопровідністю сталі. Стабілізація внутрішнього стану матеріалу на цьому етапі є важливою для запобігання утворенню тріщин або деформацій під час подальшого гартування, особливо для інструментів складної форми [3].

Наступний ключовий етап — гартування — полягає у нагріванні інструментальної сталі до температури аустенізації, витримці та швидкому охолодженні для отримання мартенситної структури. Сталі системи Cr-Mn-Si містять значну кількість легуючих елементів, які утворюють стійкі карбіди типу MC та M₆C. Ці карбіди мають високу термічну стабільність і повільно розчиняються, тому формування однорідного аустеніту потребує ретельно підібраних температур і часу витримки. Надмірно високі температури сприяють утворенню великої кількості залишкового аустеніту, що знижує твердість інструмента, тоді як недостатній нагрів призводить до нерозчинення карбідної фази та зниження прогартуваності.

Для інструментів складної конструкції або значної товщини перерізу доцільним є застосування температурних зупинок, що забезпечують рівномірний прогрів матеріалу та зменшують ризик виникнення термічних напружень. Вибір середовища для охолодження залежить від хімічного складу сталі та вимог до рівня внутрішніх напружень: використовують воду, мінеральне масло або сольові ванни. Для сталей з високою прогартуваністю, характерною для системи Cr-Mn-Si, часто застосовують охолодження у розплавах солей за температур 350–450 °C з подальшим охолодженням на повітрі до приблизно 80 °C, що дозволяє уникнути утворення тріщин.

Завершальним етапом є відпускання після гартування, яке забезпечує стабілізацію мартенситної структури, перетворення залишкового аустеніту та виділення карбідів у мартенситній матриці. Температури відпускання обирають з урахуванням вимог до експлуатаційних властивостей інструмента: низькі температури (150–200 °C) використовують для зняття напружень, середні (250–500 °C) — для зниження крихкості, а високі (>500 °C) — для формування оптимального поєднання твердості та в'язкості.

Висновок

Послідовність і правильність вибору режимів усіх стадій термічної обробки інструментальних сталей системи Cr-Mn-Si забезпечує отримання стабільної мікроструктури, високої твердості та зносостійкості, що має вирішальне значення для експлуатаційної надійності штампового інструменту при холодній обробці тиском.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN ISO 4957:2017. Сталі інструментальні. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 38 с.
2. Zhang, J., Mao, H., Meng, Y., Shi, R., & Fang, J. (2023). Effect of Deep Cryogenic Time on the Microstructure and Mechanical Property of Cr–Mn–Si High-Strength Alloy Steel. *Metals*, 13(8), 1449. <https://doi.org/10.3390/met13081449>.
3. Tamara Skoblo, Oksana Klochko, et al. Effective Technological Process of Crystallization of Turning Rollers' Massive Castings: Development and Analysis. *International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2(3), 2017, 34–39. DOI: 10.11648/j.ijmpem.20170203.12.

УДК 669.14–415:620.186

ВПЛИВ ХОЛОДНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОМАРГАНЦЕВИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Літвінов В. А. магістр, Ключко О. Ю. д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою першого етапу дослідження було визначення можливостей керування механічними властивостями високоміцних аустенітних сталей системи Fe–Mn–C–Al шляхом застосування холодної пластичної деформації як первинного засобу зміцнення, з подальшою перспективою оптимізації їх структури та властивостей на наступному етапі досліджень за допомогою термічної обробки.

Сучасне машинобудування потребує матеріалів, здатних забезпечити поєднання високої міцності, пластичності та надійності в умовах складних експлуатаційних навантажень. У цьому контексті важливу роль відіграють високомарганцеві аустенітні сталі з механізмом деформації TWIP, який забезпечує надзвичайно велике відносне подовження та високу здатність до поглинання енергії [1-3]. Проте їхнім недоліком залишається відносно низька початкова границя плинності, що обмежує використання таких сталей у відповідальних силових елементах конструкцій [4-6].

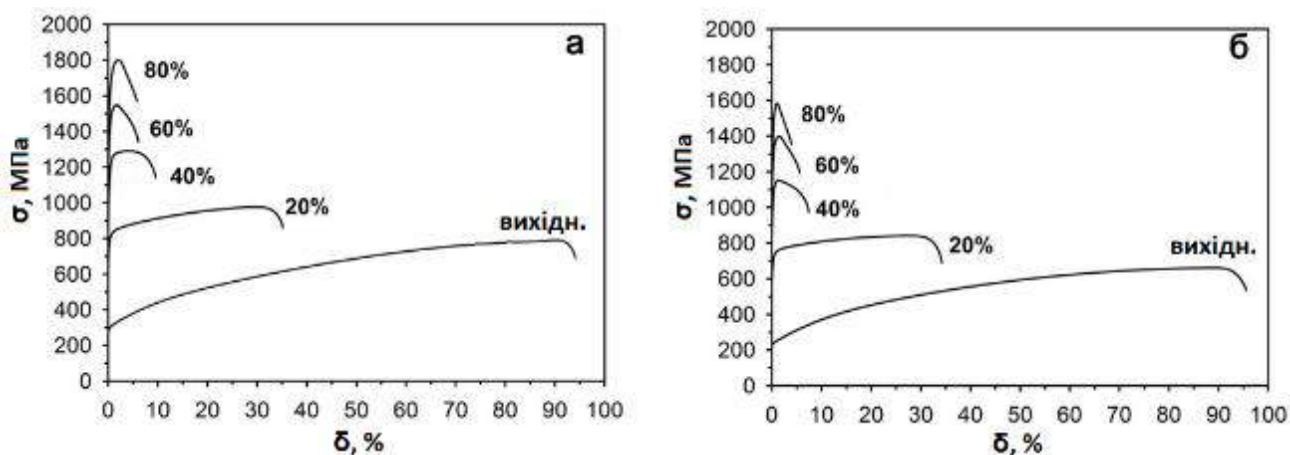


Рис. 1. Діаграма деформування сталей Fe-18Mn-0.6C-1.5Al (а) та Fe-23Mn-0.3C-1.5Al (б) після холодної деформації в діапазоні обтиснення від 20% до 80%

У межах дослідження було проаналізовано вплив холодної деформації в діапазоні обтиснення від 20% до 80% на механічні властивості сталей Fe-18Mn-0.6C-1.5Al та Fe-23Mn-0.3C-1.5Al (рис.1). У вихідному стані границя плинності становила 295 та 235 МПа відповідно, а тимчасовий опір руйнуванню — 790 і 660 МПа. Характерною особливістю було велике відносне подовження (до 95%), що відповідає поведінці TWIP-сталей, легованих алюмінієм.

Холодна деформація зі ступенем обтиснення 20% призводила до значного підвищення границі плинності та тимчасового опору руйнуванню: до 770-980 МПа у сталі Fe-18Mn-0.6C-1.5Al та до 690-840 МПа у сталі Fe-23Mn-0.3C-

1.5A1. Подальше підвищення ступеня деформації до 40% спричиняло додатковий приріст міцності, проте супроводжувалося істотним падінням пластичності — до 10% та 7% відповідно. При великих ступенях обтиснення (60–80%) границя плинності досягала 1400–1520 МПа, а тимчасовий опір руйнуванню — 1580–1800 МПа, що свідчить про потужне деформаційне зміцнення за рахунок інтенсивного мікророзсуву в аустенітній структурі. Проте, рівномірне подовження в таких зразках практично зникало.

Висновок

За результатами першого етапу дослідження підтверджено, що холодна деформація є ефективним методом суттєвого підвищення характеристик міцності високомарганцевих аустенітних сталей, хоча й супроводжується зниженням пластичності. В подальшому планується проведення дослідження впливу термічної обробки на структуру та властивості деформованих сталей, що дозволить оцінити можливість часткового або повного відновлення пластичності при збереженні високого рівня зміцнення. Це відкриття перспективи оптимізації структури та властивостей матеріалу для застосування його в елементах машинобудівних конструкцій, які працюють у складних умовах навантаження.

Список використаних джерел

1. Allain S., Chateau J.-P., Bouaziz O., Migot S., Guelton N. Correlations between the microstructure and the mechanical properties of Fe–Mn–C TWIP steels. *Materials Science and Engineering A*. 2004. Vol. 387–389. P. 158–162.
2. О.Ю. Ключко, Є.С. Дерябкіна. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Частина перша: Матеріалознавство: курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навчання інженерних. -Х.: ДБТУ, 2025, 88 с.
3. Tamara Skoblo, Oksana Klochko, et al. Effective Technological Process of Crystallization of Turning Rollers' Massive Castings: Development and Analysis. *International Journal of Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2(3), 2017, 34–39. DOI: 10.11648/j.ijmpem.20170203.12.
4. T.S. Skoblo, O.Y. Klochko, E.L. Belkin, V.N. Romanchenko. Features of the carbide phase degradation under heating and deformation. *Lett. Mater.*, 2021, 11(1), 22–27. <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2021-1-22-27>
5. Alcántara Alza V. TWIP Steels: Mechanical and Metallurgical Properties. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. 2021. Vol. 8, Issue 1. P. 13278–13283
6. Huang Z., Chen S., Wang Y., Li X. Mechanistic exploration of high strain-hardening and TWIP steels. *Journal of Materials Processing Technology*. 2025. Article ID: S0749-6419(25)00051-8

УДК 621.892:631.3

ВПЛИВ ЯКОСТІ МОТОРНОЇ ОЛИВИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Хмеленко А. М. аспірант

Полтавський державний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз різних аспектів впливу моторної оливи на ефективність експлуатації сільськогосподарських машин. Завданням також є обґрунтування здійснення систематичного контролю якості оливи для підвищення надійності, а також екологічних та економічних переваг регенерації відпрацьованої моторної оливи.

Якість моторної оливи має вирішальний, безпосередній та багатоаспектний вплив на ефективність, надійність, довговічність та економічні показники експлуатації сільськогосподарських машин, особливо їхніх двигунів внутрішнього згоряння.

Олива є невіддільним елементом трибологічних систем двигуна, і її деградація неминуче призводить до погіршення технічного стану агрегату та збільшення експлуатаційних витрат. Якість паливно-мастильних матеріалів (ПММ) визначає надійність, економічність та екологічність техніки. Якість оливи є мірою відповідності її властивостей технічним характеристикам транспортного засобу та умовам його експлуатації [1, с. 10]. Моторна олива виконує в двигуні низку життєво важливих функцій, безпосередньо пов'язаних з ефективністю (рис. 1).



Рис. 1. Функції моторної оливи

Джерело: узагальнено автором з використанням [2; 3]

Розглянемо ключові показники якості оливи та їх вплив на експлуатацію сільськогосподарських машин (табл. 1).

Таблиця 1 – Ключові фізико-хімічні властивості оливи та їх вплив на ефективність експлуатації машини

Властивість	Зміна у відпрацьованій оливі	Вплив на експлуатацію
Кінематична в'язкість (KV)	Зростає: через окислення, полімеризацію, сажу та нерозчинні речовини. Знижується: через розведення паливом (дизелем/бензином)	Зростання збільшує тертя, інтенсифікує корозію та відкладення. Зниження є потенційно більш шкідливим, оскільки зменшує товщину олійної плівки та несе ризик задирання, особливо підшипників.
В'язкісний індекс (VI)	Знижується	Знижує захист двигуна, оскільки олива стає більш чутливою до коливань робочої температури.
Температура спалаху (Flash Point)	Знижується	Тривожний показник, що вказує на забруднення легким паливом, що може призвести до ризику займання оливи або самозаймання.
Загальне лужне число (TBN)	Знижується	Втрачається здатність нейтралізувати кислі продукти згоряння, що призводить до утворення шкідливих кислот та корозії.
Загальне кислотне число (TAN)	Збільшується	Вказує на ступінь окислення та збільшення корозійної активності.

Джерело: узагальнено автором з використанням [2; 3; 4]

Отже, зниження якості оливи внаслідок збільшення в'язкості, зниження теормоокислювальної стабільності та зростання кислотності знижує ефективність роботи трибосистеми, збільшує момент тертя та викликає корозійні явища. Разом з тим, наявність твердих частинок у моторній оливі призводить до абразивного зносу деталей та скорочує їх ресурсопридатність. Таким чином забруднена олива, яка сама призначена для зниження тертя, починає прискорювати процес зношування контактуючих деталей.

Експериментальні дослідження, отримані на тракторах МТЗ-80, свідчать про те, що при використанні оливи з меншим змістом механічних домішок знос двигунів був у 1,3 рази менше порівняно з двигуном із серійною центрифугою [5, с. 29].

Якість моторної оливи в дизельних двигунах, які часто використовуються у сільськогосподарській техніці, найбільше погіршується від сажі, води, охолоджуючої рідини та палива. Потрапляння палива в оливу може призвести до

зниження в'язкості нижче допустимої межі, що спричинить інтенсивне зношення деталей двигуна. При підвищенні вмісту сажі кінематична в'язкість збільшується, що знижує змащувальну здатність та підвищує інтенсивність зносу. Потрапляння води та охолоджуючої рідини у моторну оливу погіршує її показники якості і може спричинити наслідки у вигляді зносу та корозії. Також вода руйнує протизносні присадки, що прискорює вихід з ладу вузлів двигуна.

У сучасних сільськогосподарських машинах поповнення та заміна експлуатаційних рідин, включно з моторною оливою, складають понад 80 % усіх сервісних робіт [6, с. 2].

Раціональна експлуатація сільськогосподарської техніки вимагає періодичного контролю якості оливи. Оцінка стану оливи дає змогу прогнозувати ресурс мастильного матеріалу до заміни, коригувати міжсервісні інтервали, допомагає виявляти приховані несправності двигунів, що знижує ризик падіння надійності. Проблема якості опосередковано пов'язана з екологічністю, оскільки відпрацьована моторна олива є небезпечним і токсичним відходом, що часто утилізується неналежним чином та забруднює навколишнє природне середовище.

Регенерація відпрацьованих моторних олив до відповідного рівня дає змогу їх повторного використання та можливість заощадити кошти. На думку експертів зі 100 тонн відпрацьованих мастил можна отримати 60-80 тонн регенованого продукту, тоді як зі 100 тонн нафтової сировини – лише 10 тонн свіжих мастил [7, с. 181].

Висновок

Узагальнюючи вищевикладене зазначимо, що якість моторної оливи прямо визначає технічну справність двигуна сільськогосподарської техніки, а систематичний моніторинг цієї якості є необхідним інструментом для підвищення надійності, зниження економічних і екологічних ризиків експлуатації.

Список використаних джерел

1. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість. Підручник / С. Бойченко, А. Пушак, П. Топольницький та ін.; за ред. проф. С. Бойченка. К.: «Центр учбової літератури», 2019. 323 с.
2. A review on the contamination of used engine oil / S. A. Ratiu, N. L. Mihon, I. Laza, M. D. Armioni. *Ingineria automobilului*. 2020. № 57. P. 20-25. URL: <https://www.researchgate.net/publication/346573076> (application date: 10.11.2025).
3. Study of the Effect of Physicochemical Degradation and Contamination of Motor Oils on Their Lubricity / M. Sejkorová, I. Hurtová, M. Novák, O. Voltr. *Coatings*. 2021. 11. 60. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings11010060>.
4. Used engine oil analysis – user interpretation guide / Yasuhiro Itoh. CIMAC. 2011. №30. URL: https://www.cimac.com/cms/upload/Publication_Press/Recommendations/Recommendation_30.pdf (application date: 10.11.2025).
5. Марченко Д. Д. Вплив якості очистки масла на моторесурс дизельних двигунів автомобільного транспорту. *European Journal of Intelligent Transportation*

Systems. 2018. 1(1). P. 27-29. DOI:

https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30112018/6220

6. Sposoby zagospodarowania zużytych olejów eksploatacyjnych w zakładach serwisowych ciągników rolniczych / T. Buchwald, C. Rzeźnik, Ż. Staszak, A. Osuch. Nauka Przyroda Technologie. 2015. Vol.9, Issue 4. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.4.53.

7. Гідродинамічне обладнання для регенерації відпрацьованих мастил / С. Уминський, В. Макарчук, М. Королькова, С. Дмитрієва, С. Житков. Аграрний вісник Причорномор'я. 2019. Вип. 95. С. 181-187. DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.95.26>.

УДК 621.88.088

ПЕРЕДУМОВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕФЕКТИВНИХ ЗНІМАЧІВ

Винник-Чаплинський М. О. магістрант, Тіхонов О. В. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розробка нових конструкцій знімачів необхідна для підвищення ефективності та безпеки розбірно-монтажних робіт, що досягається зниженням ризику пошкодження деталей, зниженням витрат праці та скороченням часу на розбирання.

Кінцевою метою розбирання є збереження частин для повторного використання. Тому від правильної організації та послідовності демонтажних робіт суттєво залежить тривалість і трудомісткість демонтажу, збереження деталей і, в кінцевому підсумку, якість і вартість відновлення об'єктів, що ремонтуються.

Знімачі підшипників – пристрої, призначені для зняття підшипників з валу різних механізмів (рис. 1). Принцип дії знімача підшипників заснований на механічній передачі «гвинт-гайка», при якій обертальний рух гвинта відносно нерухомої гайки перетворюється на поступальний рух гвинта. Плечі знімача входять у зовнішнє або внутрішнє кільце підшипника, а кінчик гвинта притискається до валу. Таким чином підшипник знімається з валу.

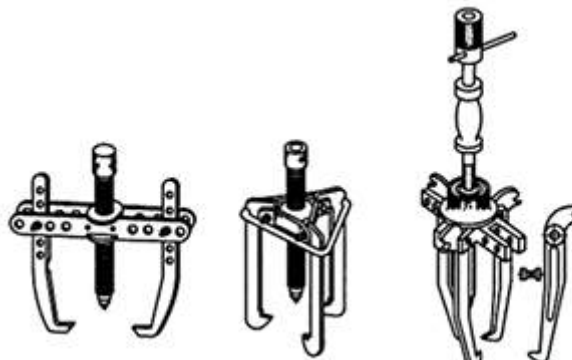


Рис. 1. Гвинтові знімачі

Монтаж і демонтаж підшипників, які встановлені з посадкою з натягом, вимагає значного зусилля, що часто призводить до пошкодження підшипників і валів [1-6].

Технологічні операції, пов'язані з розбиранням підшипників кочення, виконуються в таких випадках:

- при заміні підшипника;
- при заміні міжопорних деталей;
- при дефектах монтажу.

Виконання цих операцій повинно відповідати вимогам:

- якість посадочних поверхонь не повинна погіршуватися;
- трудомісткість демонтажу повинна бути мінімальною.

Механічні знімачі використовуються для ефективного демонтажу малих і середніх підшипників. Це дозволяє уникнути пошкодження як самого підшипника, так і поверхні, що прилягає до нього.

Для демонтажу підшипників з валу за допомогою механічних знімачів на валу передбачені виїмки (рис. 2). Якщо губки знімача не досягають фланця внутрішнього кільця підшипника, зусилля може бути застосовано через суміжну частину (рис. 3). Як виняток, якщо неможливо використовувати захоплення за внутрішнє кільце, допускається захоплення підшипника за зовнішнє кільце (рис. 4). У цьому випадку підвищується ризик пошкодження підшипника, і при подальшому використанні демонтаж необхідно проводити, повертаючи ручки з гвинтом знімача в фіксованому положенні.

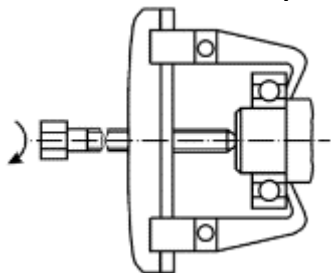


Рис. 2. Розбирання вузла за допомогою механічного знімача

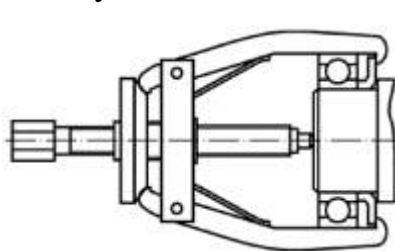


Рис. 3. Схема прикладання зусилля через суміжну деталь

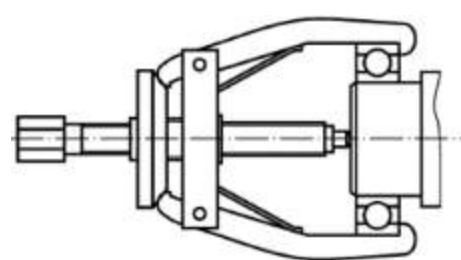


Рис. 4. Закріплення підшипника за зовнішнє кільце

Трикулачковий знімач підшипників відрізняється від двокулачкового знімача підшипників більш рівномірним розподілом навантаження на деталь, що знімається, і більшим номінальним зусиллям з'єднувача (рис. 1). Особливістю модельного знімача є можливість регулювання ширини захоплення за допомогою додаткової механічної передачі «гвинт-гайка».

Теоретичними передумовами для розробки нових конструкцій знімачів є поглиблене дослідження взаємозв'язку параметрів конструкції, їх продуктивності та зносу, а також використання сучасних методів аналізу та моделювання для оптимізації конструкції та використання передових матеріалів і технологій. Це передбачає застосування теорії пружності, теорії пластичності,

механіки руйнування та методу кінцевих елементів для прогнозування поведінки та міцності конструкції.

Розробка нових конструкцій знімачів необхідна для підвищення ефективності та безпеки розбірно-монтажних робіт, що досягається зниженням ризику пошкодження деталей, зниженням витрат праці та скороченням часу на розбирання. Особливо це актуально при роботі з сучасними компонентами, в яких використовуються нові, часто тендітні або делікатні матеріали, а також коли необхідно виконувати роботи в обмеженому просторі.

Висновок

При проектуванні сучасних знімачів необхідно поставити наступні завдання:

Зменшення ризиків пошкодження компонентів: старі конструкції знімача можуть спричинити деформацію, подряпини або поломку сполучених компонентів. Розробляються нові конструкції, щоб мінімізувати цей ризик, наприклад, шляхом використання м'якших матеріалів наконечників або використання гідравлічного принципу роботи.

Підвищення продуктивності: розробка більш ергономічних і ефективних знімачів може значно скоротити час, необхідний для операцій розбирання. Це особливо важливо в умовах масового виробництва та ремонту.

Можливість розбирати складні компоненти: сучасна технологія та електроніка містять все більше складних компонентів, які потребують використання спеціалізованих інструментів. Розробляються нові знімачі для роботи з деталями нестандартної форми, чутливими до механічних впливів або розташованими у важкодоступних місцях.

Покращена ергономіка та безпека: нові конструкції часто розробляються відповідно до сучасних вимог безпеки, які включають зменшення стресу оператора та усунення потенційно небезпечних операцій.

Використання нових матеріалів: поява нових матеріалів у виробництві компонентів вимагає розробки знімачів, які не пошкоджуватимуть їх.

Список використаних джерел

1. Теоретические основы технологии ремонта машин: Учебник в 3-х т. Том 1. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин) / А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, Т.С. Скобло и др. Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Харьков: ХНТУСХ, 2005. 590 с.

2. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І.Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К., Агроосвіта, 2014. 665с.

3. Знімач для демонтажу з валів деталей, встановлених з натягом: пат. 36873 Україна: МПК В25В 27/02. / В.Є. Чухрай, В.І. Рис. № u200806992. заявл. 20.05.2008.; опубл. 10.11.2008., Бюл. № 21.

4. Чухрай В.Е., Рыс В.И. Съемник для демонтажа деталей, установленных с натягом на вал. *Ученые ЛНАУ - производству: Каталог наук. разработок* / Под ред. В.В. Снитинского, Г.В. Черевко. Выпуск 8. Львов: ЛНАУ, 2008. С. 146-147.

5. Рыс В. Съёмник для демонтажа деталей. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol.17. No.9. 169-173.

6. Тіхонов О.В., Винник-Чаплинський М.О. Вдосконалення технологічного оснащення для розбирання. *XXI-й Міжнародний форум молоді "МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В XXI СТОЛІТТІ"*. Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ. 2025. С. 165-166.

УДК 621.7.024

АКТИВАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗАНУРЮЛЬВАНОВОГО ОЧИЩЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МИТТІ

Кожухар Б. О. магістрант, Рибалко І. М. д.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Дослідженнями встановлено, що якість очищення виробів складної форми та взаємним розташуванням його частин за однакових умов на мийній машині з просторовим рухом платформи на 38,5 % вище, ніж на мийній машині з платформою, що коливається, а енергоємність у 2...3 рази менше.

Очищення деталей від забруднень є специфічною операцією ремонтного виробництва. Організація і технологія очисних робіт залежить від типу підприємства, його виробничої програми, виду забруднень, об'єкта миття.

Технологічний процес очищення тракторів, автомобілів і сільгоспмашин є багатостадійним, а миття ремонтованих об'єктів ремонту - одна з найенергоємніших операцій у ремонтному виробництві [1-8].

Забруднювачами деталей є: дорожньо - ґрунтові забруднення; залишки мастильних матеріалів; лакові плівки; нагари; опади; накип; абразивні і металеві частинки; біологічні відкладення. Крім забруднень на поверхнях деталей можуть знаходитися продукти корозії. Неодмінна умова якісного очищення - застосування мийних засобів, які є своєрідним концентратом і джерелом фізико-хімічної енергії, використовуваної під час очищення.

Мийна дія розчинів виявляється в емульгації та диспергуванні забруднень і переводі їх в мийний розчин у вигляді емульсій або дисперсій. Ці процеси значно інтенсифікуються, якщо застосувати мийні розчини, які мають значну поверхневу активність. Вимоги, що висувуються до мийних розчинів:

Роль мийних засобів у процесі очищення дуже велика, а підвищення їхньої мийної дії сприяє до зниженню витрат на теплову й електричну енергію.

1. Повинні забезпечувати якісне очищення поверхонь деталей з вимогами виробництва

2. Не повинні викликати корозії деталей як з чорних, так і з кольорових металів і сплавів;

3. Повинні бути не токсичними та пожежебезпечні;

4. Повинні виготовлятися з недефіцитних компонентів, що добре розчиняються у воді;

5. Повинні бути дешевими

У існуючих машинах гідромеханічна дія миючої рідини на об'єкт очищення створюється або за рахунок простих зворотно-обертальних або зворотно-поступальних (у кращому випадку плоскопаралельних або планетарних) руху об'єкта, або спрямованих збурень рідини окремими робочими органами (лопатеві гвинти, вібратори та ін.). Різним чином орієнтовані щодо напрямку руху рідини очищувані ділянки виробу відчують дуже відмінні як за напрямом, так і за величиною гідродинамічні ефекти, що очищають. Тому вироби складної конфігурації очищаються нерівномірно, а заекрановані та приховані місця неякісно. Для хорошого очищення виробів та інтенсифікації процесу при занурювальному способі необхідно створювати багатоспрямовані потужні турбулентні потоки миючої рідини щодо всіх площин, що очищаються. Створення такого обурення рідини установкою безлічі різних робочих органів навколо об'єкта очищення ускладнює конструкція машин, збільшує енергоємність та собівартість очищення.

Занурювальна мийна машина з просторовим рухом платформи включає ванну з миючим розчином, в якій встановлена шарнірно на трьох просторових кривошипах і платформа, для розміщення об'єктів очищення.

Привід пристрою може бути здійснений через будь-який із трьох кривошипів. Платформа, шарнірно встановлена на цих кривошипах, разом із закріпленим об'єктом очищення, здійснює складний просторовий рух у миючому розчині. Це створює потужний турбулентний рух рідини, що інтенсивно омиває всі ділянки складної конфігурації деталі, що очищається.

Висновок

Теоретичними дослідженнями встановлено, що швидкості та прискорення характерних точок забруднень об'єкта очищення змінні за величиною та за напрямом у просторі. Тому гідродинамічні сили та моменти, як поверхневі, так і інерційні, мають такий самий складний характер. Це створює найбільш сприятливі умови для ефективного гідромеханічного впливу миючого розчину різним чином орієнтовані зовнішні і внутрішні забруднені поверхні, приховані ділянки.

Якість очищення виробів складної конфігурації за однакових умов на мийній машині з просторовим рухом платформи на 38,5 % вище, ніж на мийній машині з платформою, що коливається, а енергоємність у 2...3 рази менше. При порівнянні зі струминною мийною машиною ОМ-4267М, енергоємність процесу в 5...8 разів менша.

Список використаних джерел

1. Теоретические основы технологии ремонта машин: Учебник в 3-х т. / А.И.Сидашенко, А.А.Науменко, Т.С. Скобло и др. Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. Том 1. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин). Харьков: ХНТУСХ, 2005. 590 с.

2. Технологія ремонту машин та обладнання: навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та ін. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.

3. Ремонт машин та обладнання: підручник / за ред. проф. О.І. Сідашенко, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 с.

4. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання: навч. посібник / М.І. Черновол, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, І.В. Шепеленко О.А. Науменко, О.Д. Мартиненко. Харків: «Діса плюс», 2024. 158 с

5. Конспект лекцій з дисципліни «Основи технології відновлення деталей» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 131 - Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технологія та устаткування зварювання». / Укл. Гасило Ю.А. Кам'янське: ДДТУ, 2017. 147 с.

6. Мирутко В. В. Совершенствование технологии очистки двигателя и его деталей при ремонте. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2014. № 2. С. 29-33

7. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1: Навчальний посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. За ред. О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонова. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416с.

8. Сучасний інструмент і машини для інтенсифікації слюсарно-ремонтних робіт: навч. посібник / І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, О.А. Науменко, І.В. Шепеленко, О.Д. Мартиненко, О.О. Гончаренко, С.В. Лисенко. Харків: «Діса плюс», 2024. 214 с.

УДК 621.43

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОРШНІВ ДВИГУНІВ ЯМЗ-236 ПРИ РЕМОНТІ

**Остапюк А. В. магістрант, Науменко О. А. к.т.н., професор,
Рибалко І. М. д.т.н., доцент**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто питання ремонту канавок під компресійні кільця двигуна ЯМЗ за умов ремонтних майстерень.

Об'єктивні причини, що зумовлюють знос і старіння вузлів та агрегатів, змушують підприємства закуповувати як запасні частини, так і нові агрегати, відновлювати наявний ремфонд власними силами або за допомогою спеціалізованих майстерень, СТО.

У економічній ситуації, що склалася, актуальним стає відновлення поршнів автомобільних двигунів після експлуатації, які раніше йшли на переплавку.

Поршень, є найбільш відповідальною та напруженою деталлю двигуна, виконує такі функції:

1) забезпечує необхідну форму камери згоряння та герметичність внутрішньо циліндрового простору;

2) передає чинність тиску газів на шатун.

У комплект поршня також входять поршневі кільця, поршковий палець, деталі для утримання пальця від осевого переміщення, кріпильні деталі і в окремих випадках – пристрій для охолодження.

Компресійні кільця працюють у дуже важких умовах, здійснюючи зворотно-поступальний рух при високому навантаженні, швидкості ковзання та температурі. Кільця нагріваються від зіткнення з гарячими газами та нагрітими стінками поршня, а також внаслідок тертя стінки циліндра. Робота тертя поршневих кілець складає приблизно 40-50% механічних втрат двигуна.

При капітальному ремонті двигунів поршні здаються в брукт без дефектування, оскільки технічними умовами ремонт їх відновлення не передбачено. В результаті цього щорічно вибраковується багато поршнів, які можуть бути відновлені, та знову піти в експлуатацію.

Проведено дослідну роботу з відновлення розточування канавки під верхнє компресійне кільце з установкою компенсаційного кільця.

Зношування канавки поршня ЯМЗ-236 по ширині під верхнє компресійне кільце не перевищує 0,5 мм (див. рис. 1). Зношування канавок більше 0,3 мм спостерігається у 2% поршнів [1-3].

Зношування канавки по ширині під друге компресійне кільце в 3-4 рази менше зносу першої канавки. Отже, у 2% поршнів максимальне зношування другої канавки становить 0.1...0.15 мм. При неприпустимому зносі другої канавки це незначне число поршнів слід вибраковувати. Верхню канавку необхідно розточувати на 0,5 мм. У разі використання як компенсаційних кілець сталевих компресійних або дисків маслосійомних кілець канавка розточується на 0,7 мм [4].

Після дефектації поршнів близько 30% поршнів ремонтного фонду містять дефекти непереборні: тріщини, обломи, прогари, забоїни і т.і., 13...23% поршнів, розмір і форма елементів яких розташовані в допусках, використовуються як придатні. Зношування робочих поверхонь канавок під компресійні кільця - плоским калібром 1К4-118.

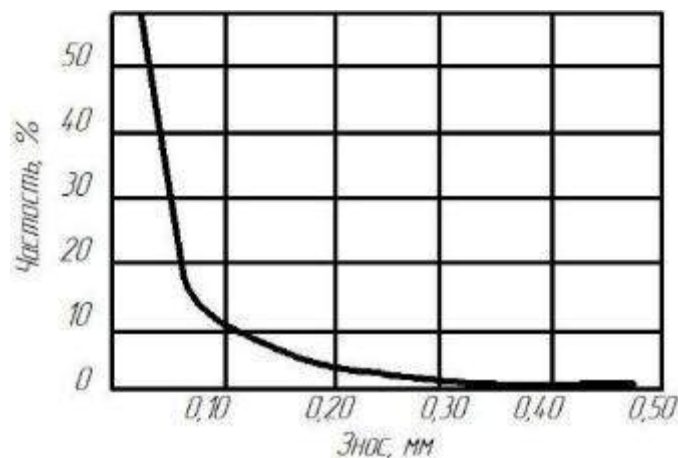


Рис. 1. Розподіл максимальних зносів верхньої канавки в поршні під компресійне кільце по висоті

У дизелів, як правило, передбачається можливість двох-триразового розточування гільз циліндрів під певний ремонтний розмір. Ресурс номінальної гільзи найчастіше в 2 - 3 рази вищий за ресурс кілець, що дозволяє 1-2 рази проводити заміну зношених кілець і поршнів на номінальні без заміни дорогих гільз. Однак при установці нових кілець навіть у трохи зношені гільзи не вдається повністю відновити початкові параметри двигуна. При цьому порушується контакт кілець із зміненою робочою поверхнею гільзи, а зношена на «трапецію» поршнева канавка не забезпечує щільного прилягання кільця, що погіршує тепловий стан поршня. Період опрацювання кілець для такого випадку значно збільшується, а іноді й не настає взагалі. З метою прискорення приробітку застосовують не хромовані кільця двигунах встановлюють кільця ущільнювачів (табл. 1).

Таблиця 1. Способи усунення дефектів

Двигун	Дефекти поршня	
	Знос першої компресійної канавки	Знос другої компресійної канавки
ЯМЗ – 236	Механічна обробка	Механічна обробка

Операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті 1К625. Поршень центрують по внутрішній поверхні спідниці, розтискаючи кулачки, і центрального отвору, підтискаючи спеціальним пристосуванням з боку задньої бабки. Для точіння канавок застосовують фасонні різці. Точіння канавок провадиться під перший ремонтний розмір. В цьому випадку висота компресійної канавки збільшується на 0,2 мм. У відремонтовану таким чином канавку встановлюють компресійне кільце, ремонтного розміру, або компенсують зазор, встановлюючи разом з компресійним кільцем диск маслосійомного кільця. Обробка ведеться за частоті обертання шпинделя 400 хв^{-1} .

Висновок

Запропонований спосіб ремонту канавки під перше компресійне кільце. Він полягає в точіння канавки під перший ремонтний розмір. У відремонтовану канавку встановлюють компресійне кільце ремонтного розміру, або компенсують зазор, встановлюючи разом з компресійним кільцем диск маслосійомного кільця.

Список використаних джерел

1. Посібник з ремонту на двигуни ЯМЗ-236 всіх комплектацій та виконань. 236.01.01 РК. 2014. 287 с.
2. Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2018. 152 с.
3. Маркович С.І., Бевз О.В. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 334 с.

4. Науменко О.А., Остапюк А.В. Порівняльна характеристика цілісних і складальних маслосійомних кілець дизелів транспортних засобів. *XXI-й Міжнародний форум молоді «МОЛОДЬ І ІНДУСТРІЯ 4.0 В XXI СТОЛІТТІ»*. Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ, 2025. С. 198-199.

УДК 621.9.048.6

ОЧИЩЕННЯ ПРЕЦИЗИЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ

Черевашенко І. С. магістрант, Рибалко І. М. д.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У даній роботі розглядається використання ультразвуку для очищення прецизійних деталей. Ультразвук – сучасний технологічний засіб підвищення ефективності виробничих процесів. Ця технологія має великий потенціал для подальшого розвитку та впровадження в інноваційні виробничі процеси.

Очищення прецизійних деталей є важливою складовою технологічних процесів у точному машинобудуванні, оптиці, електроніці та інших галузях, де поверхня повинна бути максимально чистою, без слідів мастил, абразиву чи мікрочастинок. Високий рівень чистоти визначає точність роботи механізмів, стабільність параметрів та довговічність обладнання, тому якість цього етапу безпосередньо впливає на кінцевий результат. Серед різних способів очищення особливе місце займає ультразвукова технологія, яка дозволяє ефективно обробляти навіть найтонші та найскладніші поверхні без ризику механічних пошкоджень [1-4].

Основою ультразвукового очищення є явище кавітації, яке виникає під дією високочастотних коливань, що передаються у рідину. У розчині формуються мікроскопічні бульбашки, які під дією тиску імпульсно схлопуються, виділяючи значну кількість енергії. Ці локальні мікровпливи ефективно відривають частинки забруднень з поверхні деталі. Завдяки цьому метод забезпечує глибоке очищення навіть у важкодоступних місцях, таких як внутрішні канали, різьбові з'єднання, мікропорожнини та структуровані поверхні. Важливо, що процес не передбачає механічного контакту, а це означає відсутність ризику подряпин чи деформацій.

Типове обладнання складається з генератора, який формує високочастотні коливання, та випромінювачів, що передають їх у рідину. Робоча ванна заповнюється водними або слабо лужними розчинами, іноді з додаванням ПАР для покращення змочування поверхонь і прискорення видалення забруднень. Температура розчину, частота коливань, потужність установки та час обробки є ключовими параметрами, від яких залежить якість очищення. У промисловості найчастіше застосовують частоти у діапазоні 20-80 кГц, оскільки саме вони забезпечують оптимальний баланс між інтенсивністю кавітації та делікатністю впливу.

До основних переваг ультразвукового очищення належать висока

однорідність результатів, можливість обробки складних поверхонь, скорочення часу очищення та зниження витрат на хімічні розчинники. Метод демонструє стабільність і повторюваність, що робить його придатним для серійного виробництва та для процесів, де критично важливо дотримуватися однакових умов обробки. Водночас технологія має й певні обмеження: наприклад, вона менш ефективна у випадках, коли забруднення утворює міцні хімічні зв'язки з поверхнею або коли деталі виготовлені з дуже пористих матеріалів, які вбирають рідину.

У своїх фундаментальних працях Енсмінгер та Бонд підкреслюють, що ефект очищення ультразвуку значною мірою обумовлений процесом кавітації, під час якого в рідинному середовищі формуються мікроскопічні бульбашки, а їх подальше «схлопування» генерує ударні мікрохвилі, мікротечії та імпульси високого тиску. Ці локальні мікровпливи ефективно знімають навіть міцно адсорбовані частинки бруду, що особливо важливо для прецизійних поверхонь, де механічний контакт небажаний.

Окремо варто виділити проблеми, які можуть виникати під час ультразвукового очищення прецизійних деталей. Надмірна інтенсивність кавітації здатна спричиняти мікропошкодження на дуже чутливих матеріалах, особливо якщо частота або потужність підібрані неправильно. Деякі матеріали, зокрема м'які сплави чи тонкі покриття, можуть втратити частину поверхневого шару через тривале або надто агресивне очищення. Установка вимагає точного контролю температури, оскільки її підвищення може знижувати ефективність кавітації та призводити до руйнування м'яких компонентів у розчині. Також існують обмеження щодо очищення дуже великих або масивних деталей, які можуть поглинати значну частину енергії ультразвуку, зменшуючи загальну результативність процесу.

Висновок

Ультразвукове очищення широко застосовують у приладобудуванні, аерокосмічній техніці, медичній сфері, електронній промисловості та лабораторних процесах. Усі ці галузі потребують максимально чистих поверхонь, а технологія забезпечує необхідний рівень точності та безпеки. Завдяки своїм можливостям ультразвук залишається одним із найефективніших методів очистки прецизійних деталей і продовжує займати провідні позиції серед сучасних технологічних рішень у тому числі сервісної інженерії.

Список використаних джерел

1. Ensminger D., Bond L.J. *Ultrasonics: Fundamentals, Technologies, and Applications* (4th ed.). CRC Press. 2024. 904 p. <https://doi.org/10.1201/9780429286964>
2. Дідур В., Петриченко Є., Новик, О. Ультразвук та його застосування в промисловості. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. 13(1). <https://doi.org/10.31388/sbtsatu.v13i1.360>

3. Нетрадиційні методи механічної обробки матеріалів : конспект лекцій / Б.А. Ступін, О.В. Івченко, О.Д. Динник, Р.М. Зінченко. Суми: Сумський державний університет, 2016. 149 с.

4. Rybalko I., Cherevashenko I. The use of ultrasound in machine building. *XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті»*. Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ. 2025. С. 218-219.

УДК 621.785.5:669.14–194

**МОЖЛИВОСТІ ЗМІНИ СПОСОБУ ТЕРМІЧНОГО ЗМІЦНЕННЯ
ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ У ПЕЧАХ
НА МЕТОДИ ІНДУКЦІЙНОЇ ТЕРМООБРОБКИ
З УРАХУВАННЯМ УМОВ НЕСТАБІЛЬНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ
ТА АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.**

Карпенко В.С., аспірант, Автухов А.К., д. т. н., професор.

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

У роботі виконано порівняльний аналіз ефективності об'ємної термообробки в печах та індукційної поверхневої заправки (СВЧ) для інструментальних сталей, що застосовуються у штампях та прес-формах: Х12М, Н13, Р20, 50ХГФА. Особливу увагу приділено фазовим перетворенням, дифузійній та бездифузійній природі мартенситних переходів, гартівності, теплопровідності, стійкості до перегріву, схильності до тріщиноутворення, а також технологічній сумісності із швидкісними тепловими циклами СВЧ. Оцінено чутливість різних сталей до аварійних зупинок нагріву, характерних для умов віялових відключень електроенергії.

Деградація системи енергопостачання промислових підприємств спричинена руйнуванням генеруючих потужностей, трансформаторних підстанцій та ліній електропередач, сильно вплинула на можливість виконання процесів термічної обробки металів. Утворилися можливі непрогнозовані відключення енергопостачання, або критичні скорочення проміжків часу, коли електроенергія надходить на підприємства. Це спонукає виробників шукати швидкі за часом та задовільні за якістю способи термообробки металів.

Термообробка інструментальних сталей традиційно виконується у камерних або шахтних печах, що забезпечують об'ємну аустенізацію та наступне гартування у рідких охолоджувачах. Однак нестабільність енергопостачання стимулює перехід до альтернативних технологій, зокрема індукційного нагрівання (СВЧ). СВЧ термічна обробка базується на виникненні вихрових струмів та локальному нагріванні поверхневих шарів металу з дуже високою швидкістю (до 1000 °С/с), що різко змінює критерії добору сталі. Важливо відзначити, що фазові діаграми Fe–C–X, де X — легувальні елементи (Cr, Mo, V, Si, Mn), визначають температури аустенізації, схильність до утворення залишкового аустеніту, кінетику перлітного, бейнітного та мартенситного перетворень. Для СВЧ критичним є здатність сталі до бездефектного

проходження мартенситної трансформації при дуже високих швидкостях охолодження, а також стабільність аустенітного зерна при надшвидкому локальному нагріві.

У печах нагрів здійснюється дифузійним механізмом через теплопровідність, температуру вирівнюють по всьому об'єму заготовки. Це забезпечує однорідну аустенізацію, стабільне формування мартенситу по перерізу та високу глибину зміцнення. Проте, для процесу, характерні велика тривалість циклу, значні енергозатрати та ризик критичних дефектів при аварійних відключеннях, коли матеріал може потрапити в небезпечну температурну зону ("ніжка" перлітного носа діаграми ізотермічного розпаду аустеніту).

Термокінетика СВЧ-зміцнення ґрунтується на локальному високошвидкісному індукційному нагріві, при якому поверхневий шар переходить в аустеніт при значно вищих швидкостях, дифузійні процеси мінімізуються, структура формується переважно бездифузійним перетворенням, глибина загартування визначається частотою струму та електропровідністю матеріалу. СВЧ є критично залежним від електричного живлення, але цикл триває секунди, тому навіть при відключеннях мережі ризики менші, ніж у печах.

Наведено узагальнений аналіз фундаментальних класів інструментальних сталей.

Сталь X12M – високохромиста холоднотверда сталь що містить 1,5–2,2% С та 12% Cr. До її особливостей можна віднести:

- високу карбідність що спричиняє екстремальну зносостійкість;
- високу гартівність, але і висока крихкість;
- низьку стійкість до термошоку;
- заборону щодо перегріву при СВЧ, через великі карбіди ($\text{Cr}_7\text{C}_3/\text{Cr}_{23}\text{C}_6$), що провокують тріщини.

Таким чином, для даної сталі СВЧ слід застосовувати обмежено. Для штамів холодного деформування краща об'ємна пічна закалка з наступним відпуском.

Сталь H13 – гарячостампова. Вміст Cr–Mo–V забезпечує високу червоність, стійкість до відпуску та термостабільність. До особливостей відносяться:

- висока жаростійкість;
- рівномірна структура;
- добра гартівність;
- тенденція до формування перегрітого зерна при надшвидкому нагріві;
- ризик флокенів при локальному перегріві.

Тобто, СВЧ можлива локально, але потребує ретельної калібровки частоти та температури.

Сталь P20 використовується для виготовлення прес-форм. Характеризується:

- низькою крихкістю;
- легкістю механічної обробки;

- обмеженим потенціалом твердості при СВЧ (до 50–55 HRC).

Гартування СВЧ підходить для локальної зносостійкості, наприклад напрямні чи сегменти, але не замінює повного гарту.

Сталь 50ХГФА - перспективний матеріал для СВЧ. Хімічний склад сталі включає приблизно 0,5% С, 1% Cr, 0,15% V. Таке легування забезпечує:

- підвищену гартівність;
- стійкість зерна до росту;
- дрібнодисперсні карбіди VC, що діють як інгібітори зернозростання;
- низьку схильність до тріщин при високих швидкостях охолодження.

З усіх розглянутих типів сталі, ця найбільш придатна для обробки СВЧ через:

- оптимальний вміст вуглецю (0,47–0,55%) що спричинює максимальну твердість мартенситу без надлишкової крихкості при СВЧ.

- ванадій забезпечує карбідне зміцнення, що дає стабільний аустеніт без перегріву.

- хром підвищує гартівність поверхневого шару, що дає можливість гарту на глибину СВЧ $\geq 1,5\text{--}3$ мм.

- мала деформаційність, що важливо для напрямних, валів, блоків штампів.

Деталі, де 50ХГФА перевершує класичні, наведені раніше приклади сталей при виготовленні пробивних сегментів та ножів штампів, робочих кромek, елементів ударної дії, напрямних штампів, змінних вставок прес-форм, кулачків, валиків, трибологічних деталей. У всіх випадках структура "мартенсит поверхні + в'язке ядро" є оптимальною.

Повертаючись до проблем впливу фактору нестабільного електроживлення на технології гарту можна перелічити ризики для пічної обробки. Так, коли аварійне відключення трапляється під час аустенізації, це спричинює небезпечне повернення в область перлітного носа (ТТТ). Коли відключення відбувається під час витримки – з'являється нерівномірна структура. Відключення при відпуску підвищує рівень залишкового аустеніту. Відключення при охолодженні спричиняє негативне коригування швидкості гартування. При гартуванні СВЧ, що триває секунди – ці ризики мінімальні. При короткому зникненні напруги нагрів просто переривається без руйнування структури. При гартуванні СВЧ не відбувається глобального перегріву деталі. Таким чином, СВЧ — більш надійна технологія в умовах періодичних вимкнень електроенергії.

Висновки

1. Пічна термообробка залишається основною для сталей Х12М і Н13, де потрібна повна об'ємна аустенізація.

2. Р20 придатна до часткової заміни на СВЧ, особливо для відновлення або локального зміцнення.

3. Сталь 50ХГФА є найбільш перспективною для СВЧ завдяки оптимальній комбінації вуглецю, хрому та ванадію, високій гартівності та ударній в'язкості.

4. Умови непрогнозованих відключень роблять СВЧ більш технологічно стабільною альтернативою, оскільки вона не потребує тривалого безперервного енергоспоживання і не руйнує структуру металу при коротких перериваннях енергопостачання.

5. Комбіновані цикли відпалу у печі та обробки СВЧ можуть забезпечувати найкращий ресурс для багатьох інструментальних сталей.

Список використаних джерел

1. Васильєв В. М. Леговані сталі для штампового інструменту : структури, властивості, термічна обробка. Київ : Техніка, 2011. 285 с.
2. Костін В. С., Огар В. В. Термічна обробка інструментальних сталей : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 312 с.
3. DIN EN ISO 4957:2018. Tool Steels – Chemical Composition and Properties. Berlin : Beuth Verlag, 2018.
4. Herring D. H. Principles of Heat Treatment of Steel. Industrial Heating Journal. 2016. 124 p.
5. Bernard C., Paillard J. Effect of alloying elements (Cr, Mo, V) on the martensitic transformation and hardenability of tool steels. Metallurgical and Materials Transactions A. 2017. Vol. 48, No. 6. P. 2901–2913.
6. Gryckiewicz S., Jurczyk M. Structural stability of Cr-V tool steels at high heating rates. Materials Characterization. 2021. Vol. 172. Article 110844.
7. Rosenthal A., Kuhn M. Energy-Efficient Heat Treatment Technologies and Their Resilience to Power Instability. International Journal of Manufacturing Technology. 2022. Vol. 119, No. 5. P. 1897–1911

УДК 621.785.33

КОМПЛЕКСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЖАРОСТІЙКОСТІ ЗАЕВТЕКТОЇДНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ

Борисенко О.С., аспірант, Автухов А.К., д. т. н., професор.

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

Робота присвячена дослідженню шляхів підвищення жаростійкості заевтектоїдних сталей, що застосовуються в умовах високих температур і значних механічних навантажень у котельному обладнанні. Запропоновано підходи для виконання науково-дослідних робіт по створенню нових марок сталей і вдосконалення технологій виготовлення елементів котельного обладнання.

Котельне обладнання є критично важливим елементом у багатьох галузях промисловості, зокрема в енергетиці, де його надійна та ефективна робота безпосередньо впливає на загальну продуктивність і безпеку. Елементи котельного обладнання, що працюють в умовах високих температур і значних механічних навантажень (наприклад, труби пароперегрівачів, деталі пальників, елементи конструкцій котлів), піддаються інтенсивному окисненню та

повзучості. Це призводить до їх швидкого зносу, скорочення терміну служби та підвищує ризик аварійних ситуацій.

Заевтектоїдні сталі (сталі з вмістом вуглецю понад 0,77%) завдяки своїй високій твердості та зносостійкості традиційно використовуються для виготовлення деяких відповідальних деталей. Однак їхня жаростійкість — здатність чинити опір газовій корозії при підвищених температурах — і жароміцність часто є недостатніми для екстремальних умов експлуатації сучасного високотемпературного котельного обладнання. Підвищення жаростійкості цих сталей є ключовим завданням для розширення їх застосування, збільшення міжремонтних періодів та підвищення енергоефективності котельних установок.

Метою даної роботи є визначення та наукове обґрунтування перспективних напрямків (методів) підвищення жаростійкості заевтектоїдних сталей для їх ефективного застосування у виготовленні елементів котельного обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

проаналізувати сучасний стан проблеми жаростійкості сталей, що використовуються у котельному обладнанні, та існуючі методи її підвищення;

дослідити вплив легуючих елементів (Cr, Ni, Al, Si та ін.) та структури (карбідна фаза, розмір зерна) заевтектоїдних сталей на кінетику високотемпературного окиснення; експериментально оцінити жаростійкість обраних зразків модифікованих заевтектоїдних сталей в умовах, що імітують експлуатацію котельного обладнання; розробити та обґрунтувати рекомендації щодо оптимізації хімічного складу та технології термічної обробки заевтектоїдних сталей для досягнення максимально можливого рівня жаростійкості; визначити найбільш ефективні шляхи підвищення жаростійкості, включаючи розгляд можливості використання захисних покриттів [1,2,3].

Виконані розробки щодо визначення вплив хімічного складу та термічної обробки на експлуатаційні властивості заевтектоїдних сталей, що працюють в умовах підвищених знакозмінних навантажень та температур показали, що достатньо високий рівень експлуатаційних властивостей має заевтектоїдна сталь наступного хімічного складу: 1,36%C; 1,69%Si; 1,34%Mn; 1,27%Cr; 0,76%Ni; 0,41%Mo; 0,08%Ti%. Подвійну нормалізацію цієї сталі з відпалом при 600°C суттєво підвищує термічну витривалість та зносостійкість [4].

Заплановані наукові дослідження дозволять отримати нові комбінації легування та термічної обробки, специфічні для підвищення жаростійкості цих матеріалів, а розроблені рекомендації та визначені напрямки підвищення жаростійкості можуть бути використані підприємствами металургійної та машинобудівної галузей для створення нових марок сталей та технологій їх обробки.

Список використаної літератури

1. Структура и свойства заэвтектоидной стали после термообработки / Т. С. Скобло // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. —

Харків, 2006. – Вип. 42 : Технічний сервіс АПК, техніка та технології у с.-г. машинобудуванні. – С. 8-11.

2. Власовец В.М. Влияние режимов и параметров термической обработки на свойства заэвтектоидной стали/ Вісник Приазовського державного технічного університету. – Маріуполь, 2010. – Вип. 20 : Технічні науки. – С. 109-112.

3. A. Avtyhov, A. Martynenko, V. Bantkovskiy, Y. Kovalevskiy. Influence of cast iron vacuuming on the level of mechanical characteristics of the material of the working layer of double-layer chromium-nickel rolls. Technology audit and production reserves: ПП «Технологічний центр», ПДАУ. - № 4/1(66), 2022. – С. 11-14

4. А.К. Автухов, О.Б. Калюжный, О.С. Борисенко, О.С. Корнев. Вплив хімічного складу та термічної обробки на експлуатаційні властивості заэвтектоїдних сталей, що працюють в умовах підвищених знакозмінних навантажень та температур. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» | «Naukovi Notatki», Луцьк 2025. Вип. 81 – С.92-96

УДК 621.791.75:621.753

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ КОРОБКИ ПОДАЧ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ ГАЗОПОЛУМ'ЯНИМ НАПИЛЕННЯМ

Данилко Л.Ю., студентка, Бантковський В.А., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто підхід до відновлення зношених валів коробки подач металорізального верстата методом газополум'яного напилення порошковим матеріалом. Наведено аналіз конструкції вала, умов його роботи, вибір матеріалів та основні етапи розробки технологічного процесу відновлення з урахуванням підвищення якості та ресурсу деталі.

Зростання навантаженості сучасного металорізального обладнання супроводжується інтенсивним зносом деталей типу «вал», які забезпечують передавання крутного моменту, фіксацію обертових елементів та точність кінематичних зв'язків механізмів. Заміна зношених валів на нові пов'язана зі значними витратами часу й матеріальних ресурсів, тому відновлення робочих поверхонь є технічно та економічно доцільною альтернативою. Одним із найбільш ефективних способів відновлення таких деталей є нанесення металевих покриттів наплавленням або напиленням з подальшою механічною обробкою до розмірів креслення [1].

Об'єктом дослідження в роботі є ступінчастий вал коробки подач токарного верстата, виготовлений з матеріалу Сталь 45 та призначений для передавання крутного моменту та розміщення на ньому підшипників, втулок і зубчастих коліс. Унаслідок тривалої експлуатації на посадочних шийках підшипники й втулки, а також у зоні шпоночного паза сформувалися дефекти типу зносу діаметра, овальності, рисок, задирань та локального ушкодження кромки [2]. Проведений аналіз геометрії, конструктивних особливостей вала та

характеру дефектів показав, що ступінь зносу перебуває в діапазоні, який дозволяє застосовувати методи відновлення наплавленням або напиленням без виготовлення нової деталі.

На основі огляду сучасних способів відновлення зношеного шару металу (механічна обробка, зварювання, різні види наплавлення, металізація, гальванічне нарощування, зміцнення тиском) обґрунтовано вибір газополум'яного напилення порошком як базового процесу. Цей метод характеризується можливістю нанесення покриття зі зносостійкого матеріалу з регульованим хімічним складом, відносно невеликим тепловим впливом на основний метал, а також прийнятними показниками пористості та адгезії при правильному підборі режимів [3-4].

Матеріалом вала є Сталь 45, що відноситься до конструкційних вуглецевих якісних сталей та характеризується достатньою міцністю й зносостійкістю при помірних ударних навантаженнях. З огляду на це як матеріал покриття обрано порошок ПР-65Х25Г12Н3, хімічний склад якого узгоджений із вимогами до експлуатаційних властивостей контактуючих поверхонь. Такий порошок забезпечує підвищену в'язкість, зносостійкість і достатній рівень мікротвердості при роботі в умовах тертя та змінних навантажень, а також хорошу сполучуваність із сталлю 45 [5-6].

Підготовка поверхні перед газополум'яним напиленням включає комплекс операцій очищення й механічної обробки. Спочатку необхідно виконати машинне та ручне промивання деталі, очищення скребками, обдування стисненим повітрям, особливу увагу приділяють зонам посадок під підшипники та втулки, а також прилеглим до них поверхням. Далі виконують токарну обробку з метою вирівнювання поверхні, видалення зони втомленого металу та формування ремонтного розміру. На окремих ділянках для підвищення площі контакту й міцності зчеплення покриття з основою доцільно нарізати так звану «рвану» різьбу, яка створює розвинений мікрорельєф під нанесення шару.

Технологічний процес відновлення вала газополум'яним напиленням має структурований характер і складається з підготовчої, відновлювальної (основної) та завершальної стадій. На підготовчій стадії необхідно виконати вхідний контроль геометричних параметрів і дефектів, токарну чорнову й, за потреби, чистову обробку, нарізання допоміжних поверхонь. На відновлювальній стадії здійснюють газополум'яне напилення порошкового матеріалу на зношені шийки й посадочні поверхні з урахуванням необхідної товщини покриття для компенсації зносу. Завершальна стадія включає механічну обробку (точіння, шліфування) до номінальних розмірів, мийку деталі та контроль геометрії й якості покриття [7].

Пост газополум'яного напилення можливо організувати на базі спеціальної установки для нанесення порошкових покриттів, токарного верстата моделі ТЗ7, балонів із транспортуючим газом та системи подачі пальної суміші. Як пальний газ використовується воднево-киснева суміш із додаванням близько 5 % пропан-бутану, що дозволяє забезпечити стабільне полум'я з достатньою температурою для плавлення порошку та формування якісного шару на поверхні

вала. Особлива увага приділяється правильному налаштуванню відстані від пальника до деталі, швидкості переміщення, витрати порошку та параметрів газового потоку, оскільки саме ці фактори істотно впливають на пористість, мікроструктуру й міцність зчеплення покриття з основою [8].

Експериментальні дослідження в роботі були спрямовані на оцінювання впливу параметрів режиму газополум'яного напилення на якість відновленої поверхні вала. Для цього виготовлялися зразки-валки з аналогічного матеріалу і дефектами, на які наносились в подальшому покриття при різних поєднаннях тиску газової суміші, витрати порошку та швидкості напилення. Після напилення проводилась механічна обробка до розмірів, виготовлялись шліфи для металографічного аналізу та виконувались випробування на тимчасовий опір розриву покриття, мікротвердість і оцінювання пористості. Це дозволило встановити оптимальний діапазон параметрів, за якого покриття мають мінімальну пористість, однорідну структуру та достатню адгезію до сталевій основи.

На підставі проведеного аналізу та експериментів розроблено раціональну технологічну схему відновлення ступінчастого вала газополум'яним напиленням порошку ПР-65Х25Г12НЗ. Запропонований процес забезпечує відновлення номінальних розмірів посадочних поверхонь, підвищення зносостійкості й надійності сполучень, а також подовження ресурсу деталі без виготовлення нового вала. Важливо, що застосування газополум'яного напилення дозволяє локально відновлювати саме ті ділянки, які зазнали зносу, що знижує витрати матеріалу та скорочує тривалість простою обладнання.

Таким чином, реалізація розробленої технології відновлення зношених валів газополум'яним напиленням сприяє підвищенню ефективності ремонтного виробництва, покращенню надійності металорізальних верстатів і зниженню собівартості технічного обслуговування обладнання.

Список використаних джерел

1. Дирда В. І., Мельянцева П. Т., Кириленко О. І., Кобець А. С. Ремонт машин та обладнання : підручник. Дніпро : Журфонд, 2015. 292 с.
2. Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Лузан С. О. Технологія ремонту машин та обладнання : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2017. 361 с.
3. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин : навч. посіб. Т. 1 / Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Скобло Т. С., Рибалко І. М. Харків : Пром-Арт, 2018. 416 с.
4. Рибалко І.М., Тіхонов О.В., Захаров А.В. Вплив модифікуючих домішок на мікроструктуру та властивості наплавлених електрошлаковим наплавленням шарів для відновлення плужних лемішів та культиваторних стрілчастих лап. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч. II. С. 82–94. DOI: 10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.82-94.
5. Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Переваги використання технології електрошлакового наплавлення для відновлення деталей ґрунтообробної техніки: лемішів і культиваторних лап. *Вісник Львівського*

торговельно-економічного університету. *Технічні науки*. 2024. Вип. 40. С. 5–12. DOI: 10.32782/2522-1221-2024-40-01.

6. Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Зносостійкість та ресурс відновлених і зміцнених електрошлаковим наплавленням лемішів і культиваторних стрілчастих лап. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. 2024. № 4(497). С. 20–27. DOI: 10.15589/znp2024.4(497).4.

7. Захаров А. В. Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії : 132 «Матеріалознавство» / Захаров Андрій Вадимович. – Харків : Державний біотехнологічний університет, 2025. – 276 с.

УДК 621.793.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ПОРИСТІСТЬ ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ

**Мац.Є.І. магістрант, Кравченко М.О. магістрант,
Дерябкіна Є.С. к.т.н., доц.**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Дана робота присвячена питанням отримання високоякісного плазмового покриття зі сплаву ПР–Х4Г2Р4С2Ф на основі заліза шляхом оплавлення лазерним променем. Визначені параметри лазерної обробки, які забезпечили отримання покриття практично без пор (1-2%) Результати зіставлення експериментальних і теоретичних значень пористості показали задовільну відповідність.

Покриття, що одержуються плазмовим напилюванням, мають відносно високу пористість і недостатньою міцність зчеплення з основою і, як правило, являють собою пористий конгломерат, що складається з металу та оксидів. Під час експлуатації напилених деталей пори, поглинаючи мастило, полегшують умови тертя деталей, що працюють зі змащувальним матеріалом. Однак зі збільшенням кількості пор у матеріалі значно погіршуються його механічні властивості: пластичність, в'язкість та ін. Одним з методів усунення зазначених недоліків є застосування лазерної обробки [1,2].

Проведений кількісний аналіз показав, що пористість плазмових покриттів з порошку сплаву ПР–Х4Г2Р4С2Ф, що самофлюсується, без оплавлення максимальна – 18-20%. Зменшення пористості досягнуто оплавленням покриття променем лазера. Вар'юючи швидкостями променю лазера, отримали різні її значення. Найменших значень пористість досягла при $V = 0,83 \times 10^{-3}$ м/с. При цьому на поверхні покриття утворилася розплавлена ванна, яка, маючи підвищену рідинну плинність завдяки високій температурі, прямувала до основи і розчинила лежачі нижче частинки порошку. Бор, що міститься в покритті, у поєднанні з залізом підвищив рідину плинність розплав. Утворилося додаткова

кількість евтектики Fe–В, яка, вільно переміщуючись між дендритами заліза, закристалізувалася в останню чергу, заліковувала пори, що зароджуються, і тріщини, тим самим знизилася схильність сплаву до поро- та тріщиноутворення.

Зі зростанням швидкості лазерного променя пористість збільшилася. Це пов'язано з тим, що евтектика Fe+В не встигла залікувати всі пори. Зі збільшенням діаметра плями лазерного променя від $1,0 \times 10^{-3}$ м до $5,0 \times 10^{-3}$ м за однакової швидкості променя лазера $1,7 \times 10^{-3}$ м/с пористість також зростає.

Це пов'язано з тим, що зі збільшенням діаметру плями зменшується енерговкладення.

Мікроструктуру оплавлених лазером покриттів можна охарактеризувати як литу рівноважну структуру з осями дендритів першого, другого та третього порядків. Це свідчать про те, що покриття перебувало досить довго в зоні лазерного випромінювання і в ньому відбувся перерозподіл елементів. Кінетику наростання щільності напиленого шару з опалвленням його поверхні оцінено кінетичним рівнянням [3]:

$$\Delta F = F(\Pi) - F(\Pi_0) = (A_1 - A_2) \cdot \left(1 - \exp^{-\frac{1}{\tau}}\right) P_c \cdot \tau + A_2 P_c t \quad (1)$$

де ΔF – функція кінематичного закону ущільнення; $F(\Pi_0)$ – функція початкової пористості; $F(\Pi)$ – функція кінцевої пористості; A_1, A_2 – кінетичні константи процесу припікання шару; t – час життя активної ($i = 1$) підсистеми; P_c – зовнішній тиск на шар; $t \approx d/v$ – середній час припікання в області лазерної плями.

Для розрахунку температури шару використовується наближене співвідношення, що враховує діаметр джерела теплоти:

$$T \approx \frac{2N_{eff}}{\pi \lambda d} + T_0 \quad (2)$$

Результати визначення пористості показали, що при $V = 1,7 \cdot 10^{-3}$ м/с вони різні тільки для $d = 4 \times 10^{-3}$ м і складають $\Pi_{екс.} = 0,14$ і $\Pi_{теор.} = 0,15$, а для діаметрів лазерного променя 1×10^{-3} м, 2×10^{-3} м, 3×10^{-3} м, 5×10^{-3} м вони однакові і дорівнюють 0,1, 0,11, 0,13 та 0,16 відповідно. Найменше значення пористості експериментально отримано при $d = 1 \times 10^{-3}$ м, $C_1 = 0,48$, $C_2 = 1,046$, $V = 0,057$ с/м, середня температура в області шару покриття прийнята за температуру спікання $T = 1509$ К. Результати зіставлення експериментальних і теоретичних значень пористості показали задовільну відповідність.

Висновок

Експериментально та теоретично встановлено, що пористість плазмових покриттів зростає від 1 до 16 % зі збільшенням швидкості деталі відповідно щодо лазерного променя і діаметра променя. Залежність пористості від швидкості променя лазера пояснюються тим, що бор і кремній, які містяться у порошку, сприяють розкисленню окисних плівок, що розвивалися при напилюванні на основі і на частинках порошку, виведення кисню відбулось у вигляді

боросилікатного шлаку та сприяють формуванню монолітного покриття, знижуючи пористість. З підвищенням швидкості до $5 \cdot 10^{-3}$ м/с окисні плівки не встигають розкислитися, що і призводить до підвищення пористості до 16%.

Список використаних джерел

1. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів. Харків: ФОП Панов А.М. 2020. 100 с.
2. Дерябкина Е. Дослідження впливу способу нанесення покриттів на якість відновлених деталей засобів транспорту. *Машинобудування: зб. наук. пр. Укр. інж. - пед. акад.* Харків, 2019. № 23. С. 100-106.
3. Фролов Е.А., Дерябкина Е.С., Резниченко Н.К. Исследование влияния покрытий и способов производства направляющих элементов на их износостойкость. *Открытые информационные технологии. Национальный аэрокосмический университет им. М.Е. Жуковского "ХАИ"*. Харків, 2020. Вип.89.- С.33-47.

УДК 621.833.6:621.9.048.4

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДРОБОСТРУМИННОЇ ОБРОБКИ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ПЕРВИННОГО ВАЛУ КОРОБКИ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ СУЧАСНИХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Обихвіст В.С., студент, Бантковський В.А., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто проблеми пов'язані із технологією відновлення первинного вала коробки перемикання передач (КПП), як одного із основних конструктивних елементів трансмісії автотранспортних засобів та інших технічних об'єктів. На основі виконаних досліджень обґрунтовано техніко-економічну доцільність використання технології ультразвукової дробоструминної обробки з метою підвищення довговічності робочих поверхонь деталей типу «вал» на прикладі первинного вала КПП.

Одним із найвідповідальніших елементів трансмісії автомобіля є первинний вал коробки перемикання передач, від надійності якого залежить робота всього агрегату. Вал працює в умовах змінних крутних моментів, контактної й корозійної зношування, дії вібрацій та ударних навантажень. Знос і утомне руйнування його поверхневого шару призводять до відмов коробки передач, що обумовлює необхідність пошуку ефективних технологій підвищення довговічності цієї деталі [1].

У роботі показано, що вирішальну роль у працездатності первинного вала відіграє стан поверхневого шару, який характеризується шорсткістю, мікроструктурою, мікротвердістю та залишковими напруженнями. Оптимальний поверхневий шар повинен мати дрібнозернисту структуру, стискаючі залишкові напруження й згладжену форму мікронерівностей, що

забезпечує підвищений опір утомі та зносостійкість. Для формування такого шару доцільно використовувати методи поверхневого пластичного деформування (ППД), які поєднують зміцнення поверхні із зниженням її шорсткості [2].

Проведено порівняльний аналіз основних методів ППД: обкатування роликami й кульками, алмазне вигладжування, вібровигладжування, статико-імпульсна обробка, відцентрово-ротаційне зміцнення та комбіновані процеси різання з наступною ППД. Встановлено, що всі вони істотно підвищують утомну міцність і зносостійкість, однак мають обмеження при обробці деталей складної форми, з різко вираженими переходами діаметрів та локальними концентраціями напружень. Крім того, значна частина процесів потребує інтенсивного використання мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ, що ускладнює екологічну ситуацію та збільшує експлуатаційні витрати [3].

На цьому тлі особливий інтерес викликає ультразвукова дробоструминна обробка, яка поєднує принципи традиційного дробоструминного зміцнення з можливостями ультразвукового навантаження. На відміну від класичної схеми, де дріб розганяється повітряним потоком або турбіною, у запропонованій технології використовується вібраційне прискорення від хвилеводу, що коливається з ультразвуковою частотою. Сталеві кульки в герметичній камері багаторазово вдаряються по поверхні валу, формуючи шар стискаючих залишкових напружень і дрібнозернисту структуру без суттєвого перегріву основного металу [4].

Виконані експериментальні дослідження вказують на те, що ультразвукова дробоструминна обробка забезпечує вищу інтенсивність зміцнення у порівнянні з простою дробоструминною обробкою поверхонь: формується глибший шар стиснених напружень, збільшується мікротвердість, одночасно зберігається прийнятний рівень шорсткості.

Однією з ключових переваг ультразвукової дробоструминної обробки, відзначеною у роботі, є можливість нанокристалізації приповерхневого шару. Сильна локальна пластична деформація сприяє подрібненню зерен до нанорозмірів, що підвищує мікротвердість і втомну міцність поверхні при збереженні в'язкості серцевини. Додатковою перевагою є можливість знизити температуру та тривалість термічної обробки, оскільки частину зміцнення забезпечує сам процес ультразвукового деформування.

Об'єктом дослідження було обрано первинний вал коробки передач. У роботі проаналізовано його конструкцію, матеріал, умови навантаження та характерні дефекти. Виділено найнебезпечніші ділянки з точки зору утомного руйнування, такі як переходи діаметрів, шліцьові поверхні, посадочні шийки під підшипники і також обґрунтовано доцільність їх локального зміцнення ультразвуковою дробеструйною обробкою. На цій основі розроблено конструкцію спеціальної герметичної камери, що охоплює лише зону, яка підлягає зміцненню, та заповнюється дробом [5]. Вал обертається в камері під дією електроприводу, а ультразвукові хвилеводи задають необхідну інтенсивність ударного впливу дробу.

Окремо розглянуто вимоги до дробу: матеріал, діаметр, твердість, сферичність. Показано, що застосування якісного сталевого дробу зі стабільною геометрією забезпечує рівномірне зміцнення без надмірного зростання шорсткості. Для оцінки інтенсивності обробки та налаштування режимів запропоновано використовувати тест Almen, що дозволяє контролювати енергію ударів і глибину сформованого шару стискаючих напружень перед обробкою реальних валів [6-7].

У роботі наведено концепцію автоматизованого 4-станційного верстата ультразвукової дробеструйної обробки, який може бути інтегрований у виробничу лінію складання коробок передач. Такий верстат забезпечує послідовне завантаження, зміцнення та вивантаження валів, контроль стану дробу і хвилеводів, а також високу продуктивність при відносно невеликих габаритах [8]. Герметичність камери та відсутність значних потоків повітря зменшують запиленість приміщення та підвищують безпеку праці, а відсутність або мінімальне використання змащувально-охолоджувальних технічних засобів покращує екологічні показники технології.

Важливою технологічною складовою виконання робіт є також система контролю процесу. За аналогією із класичною дробоструминною обробкою, запропоновано застосовувати тест Almen для оцінювання інтенсивності ультразвукового дробоструминного зміцнення.

Таким чином, результати виконаної роботи свідчать, що ультразвукова дробоструминна обробка є ефективним інструментом підвищення довговічності первинного валу коробки перемикачів передач, забезпечуючи формування сприятливого напружено-деформованого стану та наноструктурованого поверхневого шару за рахунок керованого ударного навантаження дробу. Запропонована конструкція камери та концепція автоматизованого верстата відкривають реальні можливості для впровадження цієї технології у серійне виробництво трансмісійної техніки.

Список використаних джерел

1. Торбило В. М., Євсін Є. А. Поверхневе пластичне деформування деталей машин : монографія. Харків : Видавництво ХПІ, 2010. 268 с.
2. Петросов В. В. Повышение долговечности деталей машин дробеструйной обработкой. Киев : Техника, 1990. 200 с.
3. Schulze V. Modern Mechanical Surface Treatment. Cham : Springer, 2006. 296 p.
4. Shiozawa K., Nakai Y. Fatigue strength improvement by shot peening and ultrasonic impact treatment // International Journal of Fatigue. 2010. Vol. 32, No. 8. P. 1306–1315.
5. Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Переваги використання технології електрошлакового наплавлення для відновлення деталей ґрунтообробної техніки: лемешів і культиваторних лап. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2024. Вип. 40. С. 5–12. DOI: 10.32782/2522-1221-2024-40-01.

6. Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Зносостійкість та ресурс відновлених і зміцнених електрошлаковим наплавленням лемішів і культиваторних стрілчастих лап. Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 2024. № 4(497). С. 20–27. DOI: 10.15589/znp2024.4(497).4.

7. Захаров А.В. Прогнозування зносостійкості робочих органів ґрунтообробної техніки під час їх відновлення методом електрошлакового наплавлення. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2024. № 4(91). С. 24–32. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.4.3.

8. Захаров А. В. Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії : 132 «Матеріалознавство» / Захаров Андрій Вадимович. – Харків : Державний біотехнологічний університет, 2025. – 276 с.

УДК 621.793

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТИПУ З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ З РІЗНОРІДНИХ МЕТАЛІВ КУЗОВІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Міхно Є.А. магістранка, Дерябкіна Є.С. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є експериментальне обґрунтування вибору типу зварного з'єднання комбінованих елементів кузовів транспортних засобів. Визначено величини залишкових напружень у прямолінійних і кільцевих з'єднаннях, виконаних лазерним зварюванням листів із сталі та алюмінієвого сплаву при виготовленні кришки оглядового люка кузова транспортного засобу.

Одним зі шляхів підвищення технологічності транспортних засобів є використання при виготовленні кузовів і кабін листів зі сплавів алюмінію, що встановлюються на сталевий каркас. Відповідно зарубіжних досліджень, використання деталей і вузлів з алюмінієвих сплавів у конструкціях крил, панелей, дверей щорічно збільшується на 10 %. Виготовлення облицювальних деталей із алюмінієвих сплавів підвищує опір корозії, забезпечує зниження маси транспортних засобів і тим самим зменшення витрати пального (на 100 кг алюмінію в конструкції транспортного засобу економія пального становить близько 1000 л пального на 200 тис. км пробігу, до того ж скорочуються викиди вуглекислого газу на 1,5 г/км).

Комбіновані конструкції елементів кузовів і кабін з різномірних матеріалів, при експлуатації піддаються змінному навантаженню при значній кількості циклів, в основному викликаних інерційними силами, що може призвести до появи втомних тріщин і як наслідок до їх руйнування. У зв'язку з цим забезпечення міцності при змінному навантаженні є одним з важливих завдань при проектуванні транспортних засобів із полегшеною конструкцією. В даний

час, крім усталеного «проектування з умови забезпечення граничної міцності», стає актуальним «проектування з умови забезпечення втомної міцності» [1]. Таким чином стає потреба у створенні надійних з'єднань і відповідних технологій їх виконання [2].

Для з'єднання деталей з алюмінієвих листів зі сталевими елементами каркасу у сучасному виробництві транспорту найбільш розповсюджена клейова технологія, що має визначені недоліки. Використання дугового зварювання замість клейового з'єднання призводить до утворення температурних полів, які призводять до появи залишкових напружень, і таким чином до зниження довговічності конструкції. Таким чином проблема підвищення надійності складових елементів конструкцій кузовів і кабін транспортних засобів із сталевих каркасів та алюмінієвих листів, прогнозування надійності їх використання є актуальним завданням.

Зниження залишкових напружень від нерівномірного нагріву можливо забезпечити при використанні лазерного зварювання. Високий ступінь автоматизації процесу і висока ефективність тепловкладання, локальність нагріву деталей, що з'єднуються, дозволяє з'єднувати листи зі сталі і алюмінієвих сплавів внахлест з мінімальними напруженнями і деформаціями.

Експериментальне відпрацювання обраного способу з'єднання сталевих каркасів з пустотілих профілів прямокутного перетину, сталевих листів та перфорованих пластин з листів сплаву алюмінію проводилася на контрольних зразках. Завданнями експериментального дослідження були:

- вибір технологічних режимів (потужності лазерного випромінювання P , Вт, та швидкості переміщення зварювальної головки v , мм/с), що забезпечують максимальне значення коефіцієнта ослаблення міцності зварного з'єднання.

- експериментальне визначення граничних напружень при порушенні цілісності конструкції.

Зварювання здійснювалося на лазерному роботизованому комплексі ЛРК-С у склад якого входять: шестиосьовий робот Fanuc M710iC-50, зварювальна головка IPG FLW D50, іттербієвий волоконний лазер ЛС-3 з вихідною потужністю 3 кВт.

Дослідження проводили на зразках, що складаються з двох сталевих та двох пластин із алюмінієвого сплаву, з'єднаних чотирма швами (прямолінійними або кільцевими), виконаних шовним лазерним зварюванням, форма та розміри яких відповідають ДСТУ EN ISO 15614: довжина робочої частини зразка становить $l_0=120$ мм, ширина $b=30\pm 0,5$ мм. Навантаження проводиться шляхом розтягування зразків після встановлення на випробувальну машину у спеціальний пристрій зі зміщеним затискним пристроєм. Вектор навантаження збігається з основною віссю зразка, що усуває появу поздовжнього вигину. Товщина сталевих листів зі сталі 20 – 1,5 мм, товщина листа алюмінієвого сплаву марки АМг2М – 3 мм. Довжина з'єднання для прямолінійних швів визначається як ширина робочої частини та дорівнює 30 мм, для кільцевих швів довжина дорівнює 50 мм. Використання декількох з'єднань на одному зразку дозволяє

також врахувати їх взаємний вплив один на одного під час виготовлення реальної конструкції [3].

Як оціночні показники при випробуваннях вибирались найбільше зусилля $N_{\max}$ (8 кН і 12кН для прямолінійного і кільцевого з'єднань відповідно), при якому відбувається руйнування зразка або порушення цілісності з'єднання. Випробування під час статичного розтягування проводилися на розривній машині WDW-100E. Під час проведення випробувань на розтягнення було виявлено два типи руйнування:

- від нормальних напружень у зоні термічного впливу сталевго листа;
- від зусилля зминання впровадженого в алюмінієвий сплав сталевго стрижня.

У першому випадку відбувалося крихке руйнування в ЗТВ, оскільки після зварювання змінилася структура матеріалу або з'явилися в структурі пори, що знизило міцність зразка.

Руйнування контрольних зразків, що показали найбільший тимчасовий опір, відбувався через зминання від нормальних напружень. Тимчасовий опір складав: прямолінійних швів - 90%, а для кільцевих - 94%. Залишкові напруження в ЗТВ листа алюмінієвого сплаву для прямолінійного зварного шва становили 48,85 МПа, для кільцевого шва – 20,38 МПа. Вимірювання деформацій у процесі формування з'єднання проводилося на зовнішній поверхні листа алюмінієвого сплаву. Величина залишкових поперечних деформацій склали -0,000075 та -0,00005 для прямолінійного та кільцевих швів відповідно.

Таким чином для комбінованих конструкцій такого типу слід віддавати перевагу кільцевим з'єднанням з ряду причин: більший коефіцієнт ослаблення зварної міцності з'єднання щодо напружень основного матеріалу; менші залишкові напруження, що виникають при зварюванні; велика довжина з'єднань в обмеженому просторі технологічних вікон (квадратні вирізи 20x20 мм) сталевго профілю в конструкції; менший довірчий інтервал, що відповідає стабільнішому режиму зварювання. Однак для ділянок кришки оглядового люка кузову транспортного засобу ці з'єднання використовувати не вдається з конструктивних міркувань, необхідно застосовувати прямолінійні шви.

Висновок

За результатами обробки експериментальних досліджень міцності з'єднань комбінованих елементів кузовів транспортних засобів лазерним зварюванням встановлено, що міцність з'єднань виконаних прямолінійним швом поступається міцності основного матеріалу алюмінію не більше ніж на 10%, для кільцевого шва – не більше 6%. Можна зробити висновок, що на довговічність складових елементів кузовів зі сталевго каркасу і листів з алюмінієвих сплавів залишкові напруження вносять значущий внесок, що висуває високі вимоги до технології виготовлення та конструювання даних конструкцій.

Список використаних джерел

1. Аміро І.Я., Заруцький В.А. Методи розрахунку оболонок. Т.2.Теорія ребристих оболонок. К.: Наукова думка. 1992. 368с.

2. Seffer O, Springer A., S. Kaierle. Investigations on remote laser beam welding of dissimilar joints of austenitic chromium-nickel steel (X5CrNi18-10) and aluminum alloy (AA6082-T6) for battery housings. Journal of Laser Applications. 2018. Vol. 30. № 3. PP. 032404-1 - 032404-5.

3. Резніченко М., Резніченко О., Дерябкіна Є. Дослідження роботи і підвищення несучої здатності монорельсового шляху при змінному навантаженні. Київ: Наука і техніка сьогодні. Вип. 9. (9).2022. С.10-18.

УДК 621.43.016.4:621.785:621.892

ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОДРОБОСТРУМИННОЇ ОБРОБКИ

Циганок В.В., студент, Бантковський В.А., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто застосування гідродробоструминної обробки (ГДО) як фінішної операції поверхневого зміцнення шийок колінчастих валів автомобілів після відновлення їх розмірів газотермічним напиленням. Обґрунтовано раціональні елементи технологічного маршруту та наведено якісні закономірності впливу параметрів ГДО на властивості зміцненого шару.

Колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння є однією з найбільш відповідальних і дорогих деталей силового агрегату. Він забезпечує перетворення зворотно-поступального руху поршнів на обертання, яке передається трансмісії, і працює в умовах високих змінних згинальних і крутних моментів. Найбільш навантаженими зонами є корінні та шатунні шийки, що утворюють пари тертя з вкладишами підшипників ковзання. У процесі роботи ці поверхні зазнають дії гідродинамічного тертя, вібрацій, динамічних навантажень, температурних градієнтів, а також впливу забрудненого мастильного середовища [1].

Сукупність зазначених факторів призводить до розвитку абразивного й адгезійного зносу, появи рисок, задирок, мікротріщин, збільшення овальності та конусності шийок. Особливо небезпечними є локальні перегріви й корозійно-механічні пошкодження, що порушують структуру поверхневого шару. У результаті погіршується формування гідродинамічної плівки, зростають контактні напруження, знижується несуча здатність підшипників і скорочується ресурс колінчастого вала [2].

У практиці ремонту найчастіше застосовують механічне оброблення шийок під ремонтні розміри з використанням ремонтних вкладишів, а також технології наплавлення та газотермічного напилення з подальшим шліфуванням до номінальних діаметрів.

Газотермічні покриття (газополум'яні, електродугові, плазмові, HVOF) дозволяють компенсувати значний знос, сформувати шар із підвищеною зносостійкістю, підібрати матеріал покриття відповідно до умов роботи. Однак

досвід експлуатації показує, що навіть за високої якості покриття недостатньо лише відновити геометрію деталі: вирішальне значення має стан приповерхневого шару після фінішної обробки [3].

Існуючі технології нанесення захисних і зносостійких покриттів, зокрема газополум'яним напиленням (ГПН) різних матеріалів, дозволяє вирішувати ряд питань, пов'язаних з підвищенням ресурсу деталей вузлів тертя різних механізмів і відновленням зношених поверхонь. У практиці ремонтних підприємств найпоширенішими у сфері технічного сервісу є такі технології відновлення шийок колінчастих валів: механічне оброблення під ремонтні розміри з використанням ремонтних вкладишів, наплавлення, газотермічне напилення з подальшим шліфуванням. Газотермічні покриття завдяки широкому вибору матеріалів і режимів дозволяють відновити геометрію, забезпечити підвищену зносостійкість, корозійну стійкість, проте самі по собі не гарантують оптимального стану приповерхневого шару з точки зору втомної міцності.

Саме поверхневий шар визначає характер контакту в парі тертя, умови формування мастильної плівки, опір зародженню й розвитку утомних тріщин. До найважливіших його характеристик належать шорсткість, форма мікронерівностей, мікротвердість, мікроструктура, а також залишкові напруження. Наявність у поверхневому шарі стискаючих залишкових напружень здатна суттєво підвищити втомну міцність, тоді як розтягувальні напруження, навпаки, прискорюють руйнування [4].

Перспективним шляхом цілеспрямованого керування станом приповерхневого шару є використання методів поверхнево-пластичного деформування. До них належать роликове накочування, кулькове обкатування, алмазне вигладжування, класична дробоструминна обробка. Однак частина цих методів потребують жорсткого верстатного оснащення, а суха дробоструминна обробка пов'язана з підвищеним шумом, запиленістю й ризиком надмірного «загрублення» поверхні [5].

Гідродробоструминна обробка є розвитком дробоструминних технологій, у якій як несуче середовище для дробу використовується рідинний потік. Робоча рідина (вода або водний розчин) подається під тиском до змішувальної камери, де зважає частинки дробу (сталевого, керамічного, скляного, пластикового). На виході з сопла утворюється двофазний струмінь «рідина – дріб», який направляється на поверхню шийок. При зіткненні частинки дробу через тонкий рідинний прошарок багаторазово вдаряються по поверхні, викликаючи локальну пластичну деформацію приповерхневого шару та формуючи зону наклепу зі стискаючими залишковими напруженнями [6].

Наявність рідинного прошарку зменшує глибину кратерів, запобігає утворенню грубих задирок, сприяє відсутності локального перегріву й частково вимиває дрібні частинки окалини та відколів покриття. Завдяки цьому ГДО дозволяє поєднати високу інтенсивність зміцнення з відносно м'яким впливом на шорсткість, що особливо важливо для шийок підшипників ковзання.

Для дослідження впливу ГДО на стан приповерхневого шару були використані зразки із сталі, типової для колінчастих валів, із нанесеними газотермічними покриттями.

У роботі пропонується технологічна схема відновлення шийок колінчастих валів, яка включає: дефектацію; попереднє шліфування до підрозміру; нанесення газотермічного покриття; шліфування до номінальних розмірів і заданої шорсткості; фінішну гідродробоструминну обробку шийок. Такий підхід дозволяє спочатку відновити геометрію і розмір, а потім сформувати сприятливий стан приповерхневого шару без додаткових механічних припусків.

Експериментально досліджено вплив основних параметрів ГДО (тиску рідини, розміру та матеріалу дробу, тривалості обробки, відстані сопла до поверхні, кута падіння струменя) на мікротвердість, глибину наклепаного шару, параметри шорсткості й характер залишкових напружень. Для оцінювання ефекту зміцнення використовували зразки з матеріалу, типовому для колінчастих валів, із нанесеними газотермічними покриттями.

Отримані результати показали, що оптимальний вибір режимів гідродробоструминної обробки забезпечує: зростання мікротвердості приповерхневого шару; формування зони стискаючих залишкових напружень завтовшки десятки–сотні мікрометрів; збереження параметрів шорсткості в межах, прийнятних для підшипників ковзання; зниження інтенсивності зносу у модельованих умовах гідродинамічного тертя; збільшення довговічності зразків при випробуваннях на змінне навантаження.

З технологічної точки зору впровадження ГДО в ремонтні схеми не потребує кардинальної модернізації виробництва: достатньо встановити спеціальну установку з насосною станцією, системою фільтрації та рециркуляції робочої рідини й закритою камерою обробки. Використання водних робочих середовищ знижує пожежо- та вибухонебезпеку, а замкнутий цикл циркуляції рідини мінімізує негативний вплив на довкілля.

Проведені дослідження вказують на те, що поєднання газотермічних покриттів і гідродробоструминної обробки дозволяє сформувати сприятливий напружено-деформований стан поверхневого шару, підвищити втомну міцність, зносостійкість шийок і збільшити ресурс колінчастих валів. Таким чином, гідродробоструминна обробка в поєднанні з газотермічним відновленням шийок колінчастих валів є ефективним ресурсозберігаючим напрямом, що дозволяє суттєво підвищити надійність та довговічність відновлених деталей.

Список використаних джерел

1. Філонов І. П. Струминно-абразивна обробка деталей машин. Київ: Галузеве машинобудування, 2005. - 256 с.
2. Баршай І. Л., Беляков Н. В., Схіртладзе А. Г. Дробоструминна обробка в машинобудуванні. Одеса : Фенікс, 2001. 304 с.
3. Горохов В.А., Петросов В.В. Відновлення та зміцнення деталей машин газотермічними покриттями. Львів: Політехніка, 2012. 328 с.
4. Захаров А.В., Рибалко І.М., Тіхонов О.В. Переваги використання технології електрошлакового наплавлення для відновлення деталей

грунтообробної техніки: лемешів і культиваторних лап. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2024. Вип. 40. С. 5–12. DOI: 10.32782/2522-1221-2024-40-01.

5. Захаров А. В. Застосування модифікуючих присадок та їх введення у відновлювальні покриття для підвищення експлуатаційної стійкості : дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії : 132 «Матеріалознавство» / Захаров Андрій Вадимович. – Харків : Державний біотехнологічний університет, 2025. – 276 с.

6. Захаров А.В. Прогнозування зносостійкості робочих органів грунтообробної техніки під час їх відновлення методом електрошлакового наплавлення. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2024. № 4(91). С. 24–32. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2024.4.3.

УДК 621.

ПІДВИЩЕННЯ УТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ КОЛЕСНИХ ШПИЛЬОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Д.В. Сичов, магістрант, Автухов А.К. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено інформацію щодо сучасних умовах експлуатації колісних шпильок транспортних засобів. Показано, що підвищення втомної довговічності деталей колісних шпильок транспортних засобів електромеханічною обробкою є актуальним завданням.

У сучасних умовах експлуатації транспортних засобів надійність з'єднань коліс із маточинами є одним із ключових чинників безпеки руху. Колісні шпильки, як відповідальні елементи різьбових з'єднань, працюють у складних умовах: вони зазнають знакозмінних навантажень, вібрацій, крутного моменту затягування, впливу корозійного середовища та температурних перепадів. Сукупність цих факторів призводить до розвитку втомних тріщин, які є основною причиною руйнування шпильок у процесі експлуатації. Тому підвищення втомної довговічності колісних шпильок є актуальною науковою та інженерною задачею, що має прямий зв'язок із підвищенням безпеки транспортних засобів.

Сучасні підходи до виготовлення шпильок охоплюють різні методи формування різьби, термічної та хіміко-термічної обробки, зміцнювальні поверхневі технології. Проте значна частина відмов досі пов'язана з недосконалістю структури приповерхневих шарів та концентрацією напружень у зоні різьби.

Методи різання, які традиційно застосовуються для отримання різьбового профілю, спричиняють переривання волокон металу та підвищену чутливість до втоми. Навпаки, методи пластичного формоутворення, зокрема холодне та електромеханічне накатування різьби, дозволяють сформувати зміцнений

поверхневий шар, покращити мікроструктуру та значно зменшити концентрацію небезпечних напружень.

Електромеханічна обробка — це комбінований процес, у якому одночасно діє тиск і локальний імпульсний нагрів електричним струмом у зоні деформації. Метал короткочасно нагрівається до пластичного стану, після чого профіль різьби формується деформуванням. При такій обробці волокниста структура матеріалу не перерізається, як при різанні → міцність різьби зростає на 20–40%. Завдяки локальному нагріву обробка йде легше, тому деформація проходить без мікротріщин, які часто бувають при холодному накатуванні. Тому завдання технологічного забезпечення та підвищення втомної довговічності деталей колісних шпильок транспортних засобів електромеханічною обробкою є актуальним і має велике значення у розвитку країни.

Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. — 665 с.

УДК 621.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

В.О. Мулярчук, магістрант, Автухов А.К. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Наведено інформацію щодо існуючих методів відновлення деталей машин сільськогосподарської техніки. Показано, що при обробці відновлених шарів деталей доцільно застосувати комплексний метод, який полягає в різанні з наступним термопружно-пластичним деформуванням.

Зношування циліндричних деталей — одна з ключових причин втрати працездатності сільськогосподарської техніки. В умовах інтенсивної експлуатації значно зростає потреба у швидкому та економічно обґрунтованому відновленні деталей. Традиційними напрямками відновлення зношених циліндричних деталей є відновлення зношеного робочого шару з подальшою механічною обробкою.

Сучасні ремонтні виробництва використовують для механічної обробки відновлених шарів в основному технології та металообробне обладнання, що переважно застосовуються до традиційної обробки металу різанням. При цьому частка прогресивних та нових технологічних процесів та обладнання, як правило, невелика.

Холодна обробка металу різанням становить, у вартісному вираженні виробництва виробів, від 15 до 25% і ця тенденція згодом лише збільшується.

Для підвищення ефективності ремонтних робіт може бути використаний комплексний метод різання нагрітого металу з наступною обкаткою поверхонь деталей, що обробляються. Однак цей метод не знайшов широкого застосування через відсутність науково-обґрунтованих параметрів та режимів процесу. Тому актуальним питанням є оптимізація режимів обробки та створення технологічного оснащення для реалізації комплексного методу обробки металу термопружно-пластичним деформуванням. Цей метод відрізняється простотою, забезпечує значне зниження вібрацій елементів механооброблювальних верстатів за рахунок зниження зусиль різання, підвищення продуктивності та стійкості різального інструменту, не вимагає дорогого технологічного обладнання та може бути використаний в умовах ремонтних майстерень сільськогосподарських підприємств. Саме тому, дослідження ефективності застосування методу обробки металу термопружно-пластичним деформуванням деталей при відновленні деталей сільськогосподарського виробництва в умовах господарства є актуальним та має важливе практичне значення.

Список літератури

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. – 665 с.

УДК 621.785.33

ІНТЕНСИФІКОВАНІ МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛІВ: ПОЄДНАННЯ ТЕРМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН

Сичов Д. В., магістр, Автухов А. К., д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна

В роботі обґрунтовано, що розробка технологічних рекомендацій щодо поєднання термічних процесів і пластичної деформації для підвищення надійності машин, є актуальним завданням.

В умовах зростаючої напруженості роботи машин, що пов'язана зі збільшенням потужності, швидкості, тиску, а також з підвищеними вимогами до точності їх роботи, питання надійності набувають виключно важливого значення. При цьому на ремонт та відновлення працездатності машин витрачаються величезні матеріальні, трудові та паливно-енергетичні ресурси, що багато в чому пояснюється досить низькою міцністю деталей, що пройшли деформаційне, термічне або хіміко-термічне зміцнення.

Часто традиційні способи зміцнюючих технологій виявляються недостатньо ефективними під час вирішення завдань нової техніки. Це призвело до того, що останнім часом з'явилися способи і режими, в основі яких лежать прийоми, що дозволяють інтенсифікувати багато фізико-хімічних процесів за рахунок використання природи матеріалів і особливостей структурних перетворень, що протікають в них. До них можна віднести лазерну обробку,

плазмову, струминно-абразивну та електротермічну, застосування яких дозволяє досягти надвисоких швидкостей нагріву та охолодження, що у свою чергу призводить до структурних змін, а отже і властивостей деталі.

В даний час у світовій практиці широкого поширення набули методи завершальної обробки сталей та сплавів, що поєднують термічний вплив на метал з його пластичною деформацією.

Пластична деформація різко збільшує щільність дислокацій, перетворює хаотичний розподіл дефектів на організовані структури (стілки, субграниці, смуги ковзання), змінює форму та орієнтацію зерен, викликає деформаційне зміцнення металу. Оскільки дефекти кристалічної решітки сильно впливають на формування структури сплавів при фазових перетвореннях, то пластичну деформацію перед фазовими перетвореннями або в період їх розвитку можна використовувати для створення оптимальної структури термічно-обробленого сплаву. Тому розробка технологічних рекомендацій щодо поєднання термічних процесів і пластичної деформації для підвищення надійності машин, є актуальним завданням.

Список літератури.

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. – 665 с.

УДК 621.785.33

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІТИЗОВАНИХ І ЗАЕВТЕКТОЇДНИХ СТАЛЕЙ У ВИРОБНИЦТВІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Корнев О.С., аспірант, Автухов А.К., д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

У роботі наведено інформацію щодо застосування заевтектоїдних та графітизованих сталей для виготовлення формуючих інструментів. Показано, що при виробництві валків з заевтектоїдних сталей особлива увага приділяється питанням легування, модифікування та термічної обробки.

В останні роки за кордоном широко використовуються формуючі інструменти із заевтектоїдних та графітизованих сталей. Графітизовані сталі відрізняються від відомих раніше матеріалів тим, що включення графіту формується не в процесі відпалу, що графітизує, а кристалізується і рідкого розплаву. Це дозволяє шляхом варіювання хімічного складу та різних технологічних прийомів отримати заготовки із заданим рівнем експлуатаційних характеристик. Твердість литої графітизованої сталі на 150-250 НВ вище ніж у сталі, отриманої після графітизуючих відпалів.

У порівнянні з низьколегованими сталями типу адаміт (150 ХНМ) графітизовані сталі мають більш високі міцнісні та пластичні властивості, а також більш технологічні при литві. На основі аналізу хімічного складу

графітізовані сталі можуть бути розбиті на дві групи: нелеговані та низьколеговані [1,2].

До першої групи відносяться сталі з обмеженим вмістом карбідотворюючих елементів, а до другої з концентрацією добавок, що легують, більше 1% кожної. Вміст вуглецю та кремнію знаходиться в межах від 1-2%. Зі збільшенням вмісту вуглецю, як правило, підвищують і концентрацію кремнію. Широкі межі вмісту цих елементів визначаються конкретними вимогами та призначеннями матеріалу.

При виробництві валків із заєвтектоїдних сталей особлива увага приділяється питанням легування, модифікування та термічній обробці.

В інформаційних матеріалах наводяться широкі межі вмісту елементів, однак відсутні дані про концентрацію основних добавок (зокрема кремнію, марганцю та вуглецю) про спосіб введення та кількість добавок модифікаторів. Крім того, опубліковані дані обмежуються лише перерахуванням лігатур, що вводяться, які судячи з структури стали містять підвищений відсоток кремнію, кальцію та інших елементів цієї групи, а також поверхнево-активні добавки – магній, серії та інші.

Модифікація здійснюється як у печі, так і в ковші. У США для отримання матеріалів з включеннями кулястого графіту застосовують модифікатор, який складається з пористого металургійного коксу або формованого графіту з добавками поверхнево-активних елементів: магнію, калію, рубідію, цезію.

При виробництві графітізованої сталі використовують методи позапічного рафінування. Найбільш поширені вакуумні дегазації сталі при тиску 0,5-10 мм. рт. ст., обробка газами (аргоном, азотом) спільно з добавками порошкоподібних модифікаторів. Обробка газом - носієм сприяє одночасно розкисленню дегазації розплаву та перенесення порошку, що містить кремній, алюміній та кокс. При розрахунках кількості компонентів модифікатора рекомендується витримувати певні співвідношення. Так, наприклад, при введенні коксу та алюмінію воно має бути 1:3.

Рівень міцності при розриві євтектоїдних сталей становить 372-490 МПа, а графітізованих 490-980 МПа. Нижчу міцність мають нелеговані графітізовані сталі, а високу – леговані. Леговані також відрізняються високим значенням межі міцності при згинанні 784-1666 МПа, подовженні 5 – 25 %, ударної в'язкості 43,0-69,0 кДж/м². Максимальне значення характеристик міцності мають сталі з 1,2 % С. Твердість легованих графітізованих сталей після спеціальної термообробки досягає 45-55 HS, що вище, ніж у чавуна з кулястим графітом, що застосовується для валків обтискних клітей 34-50HS [3,4].

У чорнових групах клітей ФРН, Японії та Швеції застосовують валки з низьколегованої заєвтектоїдної сталі типу 150XНМ після подвійної термообробки з твердістю 35-48 HS. Формуючі інструменти із сталі з більш високим вмістом вуглецю до 1,8% застосовує у проміжних клітинах. Додатково у цих клітях використовують валки з легованої графітізованої сталі з твердістю 30-55 HS.

Список літератури.

1. Производство и применение прокатных валков: справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.
2. Cahn R.W. Physical metallurgy. / R.W. Cahn. – Amsterdam: Elsevier science B.V., 1996. – 1505 p.
3. А.К. Автухов, О.Б. Калюжний, О.С. Борисенко, О.С. Корнєв. Вплив хімічного складу та термічної обробки на експлуатаційні властивості заєвтектоїдних сталей, що працюють в умовах підвищених знакозмінних навантажень та температур. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» | «Naukovi Notatki», Луцьк 2025. Вип. 81 – С.92-96
4. Структура и свойства заэвтектоидной стали после термообработки / Т. С. Скобло // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. – Харків, 2006. – Вип. 42 : Технічний сервіс АПК, техніка та технології у с.-г. машинобудуванні. – С. 8-11.

УДК 621.785

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ

Карпілович І.О., магістр, Автухов А.К., д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

В роботі обґрунтовано, що розробка технологічних рекомендацій щодо відновлення зношених деталей нанесенням покриттів електроіскровою обробкою з оптимальними фізико-механічними властивостями, які забезпечують підвищення міжремонтного ресурсу вузлів та агрегатів, є актуальним завданням.

У сільгосптехніці широко застосовуються вузли та агрегати, більшість деталей яких підлягають вибракуванню при зносах 0,02...0,15 мм. Близько 80% зношених деталей можна відновити нанесенням металопокриттів різними методами, у тому числі електроіскровою обробкою в газовому середовищі.

Міжремонтний ресурс відновлених деталей визначається експлуатаційними характеристиками модифікованої поверхні, а саме - її геометрією, фізико-хіміко-механічними властивостями наплавлених поверхневих шарів і залишковою напругою в них.

В даний час накопичено великий обсяг розрахунково-експериментальних матеріалів щодо впливу геометрії поверхні на ресурс деталі, але недостатньо даних щодо впливу фізико-механічних властивостей покриттів та залишкової напруги на її працездатність.

Відомо, що покриття на поверхнях деталей, нанесені електроіскровою обробкою в газовому середовищі стрижневими електродами, мають неоднорідні фізико-механічні властивості перерізу. В них виникають значні розтягуючі і

стискаючі напруги I роду та залишкові напруги викликані локальними пластичними деформаціями і фазовими перетвореннями при тепловому та ударному впливі на поверхню матеріалу частинок металу, що наноситься.

Модуль пружності, як правило, менше, ніж у матеріалу електрода, а мікротвердість може мати як позитивний, так і негативний градієнт по глибині утвореної поверхні.

Оптимізація фізико-механічних властивостей покриттів, утворених електроіскровою обробкою, особливо при механізованій обробці, неможлива без урахування швидкості подачі електрода, його тиску на деталь, частоти обертання деталі та електрода. Тому розробка технологічних рекомендацій щодо відновлення зношених деталей нанесенням покриттів з оптимальними фізико-механічними властивостями, що забезпечують підвищення міжремонтного ресурсу вузлів та агрегатів, є актуальним завданням.

Список літератури.

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. – 665 с.

УДК 621.746.55.:621.771.07

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПОВЕРХНІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Ковалевський Є. В., аспірант, Автухов А. К., д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

Робота присвячена дослідженню шляхів зниженню дефектів поверхні при виробництві формуючих інструментів. Запропоновано підходи по отримуванні оптимальних показників якості прокатних валків при їх виготовленні.

У світовій практиці значну частку формуючих інструментів, а саме прокатних валків відливають стаціонарним способом у комбінованих ливарних формах. Ливарна форма складається з кокіля бочки (для листових валків гладкого виконання) та земляних форм шийок. Така конструкція ливарної форми обумовлена відмінністю вимог до якості металу бочки та шийок валків за твердістю, зносостійкістю та міцністю. За рахунок різної швидкості кристалізації металу в кокілі та піщано-глинистих формах отримують у шийках і серцевині м'якший і міцніший сплав, ніж у робочому шарі вівка.

Заливання форм чавунних валків відбувається сифоном з підведенням металу до нижньої шийки. Це забезпечує обертальний рух металу під час заливання та винесення в прибуток частинок формувальної суміші, що потрапляють від земляних форм. Велика маса виливки, високий феростатичний тиск і обертання рідкого металу у формі під час заливання обумовлюють високі вимоги до міцності, протипригарної здатності, газопроникності форми та викликає необхідність застосування тільки сухих форм.

Виливка двошарових валків має ряд особливостей, тому що застосовується два різнорідні метали. Спочатку форму заливають основним високолегованим металом з якого в процесі кристалізації формується робочий шар, який заливають на 100-150 мм вище верхнього краю бочки валка. Потім слідує витримка протягом 70 - 90 секунд на формування робочого шару. Щоб уникнути застигання металу в живильнику роблять «поштовхи» (зазвичай 3-4 з інтервалом 20-30 секунд) подачею розплаву вищої температури, після чого починають промивання шийок і серцевини нелегованим чавуном. Під час промивання метал піднімається до зливної льотки розташованої на 100-150 мм вище за рівень основного прибутку і по жолобу стікає у встановлену поруч ємність. Час промивання залежить від габаритів та маси валка, а також від довжини шийок і становить 120-300 секунд [1].

При цьому способі лиття двошарових валків втрачається 35-40% легованого металу, однак він єдиний при стаціонарному їх литті.

Для формування шийок валків зазвичай застосовують суміші у відсотковому співвідношенні: відпрацьована формувальна суміш 70-80%, кварцовий пісок 10-12%, вогнетривка глина 5%.

Форми шийок піддають сушінню при температурі 380-440 ° С у камерних сушарках для видалення вологи. Підйом температури в сушарці має бути рівномірним. Орієнтовний час сушіння визначається із розрахунку просушки 20 мм шару суміші за 1 годину. Так, час сушіння нижніх шийок листопрокатних валків становить у середньому 14 годин, зокрема нагрівання до 400 - 440° С 2 години, витримка за цієї температури 10 годин, охолодження до температури 350° С 2 години, та у подальшому на повітрі. Такі особливо великі форми валків, як для стану 3000 сушать циклічно за 2-3 рази. У проміжках між циклами їх забарвлюють ливарною фарбою. Для поліпшення якості поверхні виливків валків та зменшення частки поверхневих дефектів застосовують різні покриття для ливарних форм. В даний час відсутні універсальні покриття, які б забезпечили повне усунення поверхневих дефектів. Як наповнювачі в покриттях використовують кокс, графіт, циркон, маршаліт, асбест, тальк. Для поліпшення технологічних властивостей покриттів - міцності седиментаційної стійкості, здатності, що криє - використовують тонко-дисперсні наповнювачі з величиною зерна від 0,1 до 04 мкм. Вогнетривкі наповнювачі перед змішуванням сполучними нагрівають до 100-150°С.

Підвищення міцності покриття у всьому інтервалі робочих температур забезпечується введенням до його складу спільно органічних (декстрин, патока, сульфітно-спиртова барда) та неорганічних (вогнестійка глина, карбоксиметилцелюлоза) сполучних. У деяких випадках використовують у складі покриттів різні склоподібні сплави, що складаються з оксидів алюмінію, кремнію, бору та барію. При контакті з рідким металом сплави розплавляються та обволікають зерна наповнювача утворюючи міцний захисний шар. Широке застосування отримали покриття з алюмосфатним сполучним та добавкою поверхнево-активних речовин. Такі покриття забезпечує відсутність пригару на поверхні виливків за рахунок підвищення міцності забарвленого шару.

На підставі представлених матеріалів можна зробити такі висновки: конструкція комбінованих ливарних форм повністю зумовлена різними вимогами до бочки та шийок валків, що дозволяє отримувати оптимальне поєднання твердості, зносостійкості та міцності. Використання різних покриттів для ливарних форм є ключовим чинником зниження поверхневих дефектів, хоча універсальних рішень немає. Ефективність покриттів визначається типом наповнювача, його дисперсністю, а також підбором органічних та неорганічних сполучних. Перспективні покриття на основі алюмофосфатних сполучних і склоподібних сплавів дозволяють покращити якість поверхні виливків і запобігти пригару завдяки підвищеній міцності пофарбованого шару та формуванню захисної склоподібної плівки при контакті з розплавом.

Список використаних джерел

1. Производство и применение прокатных валков: справочник / Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харьков, 2013. ЦД № 1. 572 с.

УДК 66.074

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРИСТОГО ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ У ФІЛЬТРАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ОЧИЩЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ОЛИВ

Калюжний О.Б., к.т.н., доц., Конопля Є. В., магістр, Рубан О. А., магістр

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Трансформаторні оливи в процесі експлуатації накопичують смолисті речовини, асфальтени та вологу, що знижує їх електроізоляційні властивості. У роботі розглянуто застосування пористого ПТФЕ як ефективного фільтраційного матеріалу, здатного видаляти механічні домішки та дрібнодисперсну воду. Показано, що використання ПТФЕ-фільтроелементів підвищує електричну міцність оливи та продовжує ресурс роботи силових трансформаторів.

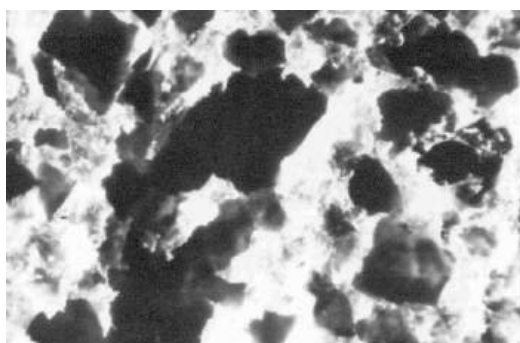
Трансформаторні оливи є ключовим елементом системи ізоляції та охолодження силових трансформаторів. У процесі тривалої експлуатації вони зазнають окиснення, термічних навантажень та впливу електричного поля, що призводить до накопичення значних кількостей смолистих речовин, асфальтенів, продуктів розкладу вуглеводнів і дрібнодисперсної води. Такі зміни істотно погіршують електроізоляційні властивості оливи, зменшують її електричну міцність і можуть спричиняти прискорене старіння твердих ізоляційних матеріалів. Особливо небезпечним фактором є вода, що навіть у низьких концентраціях утворює емульсії та різко знижує пробивну напругу [1].

Ефективне очищення трансформаторних олив є критично важливим для подовження строку служби електроенергетичного обладнання. Однією з найбільш результативних технологій очищення є фільтрація через пористі полімерні матеріали. Серед них особливої уваги заслуговує пористий

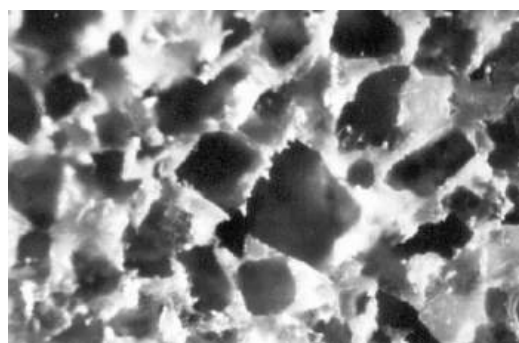
політетрафторетилен (ПТФЕ), що поєднує високу хімічну інертність, термостійкість, стабільність у широкому діапазоні робочих температур та унікальну структуру відкритих пор.

Пористий ПТФЕ характеризується пористістю від 64 до 78 %, що забезпечує формування складної звивистої системи каналів, здатної затримувати частинки розміром від 40 до 1 мкм (рис.1). Залежно від умов технологічного формування матеріалу можливо контролювати діаметр пор, їх щільність та рівномірність розподілу [2]. Така структурна гнучкість дозволяє адаптувати фільтруючі елементи до конкретних завдань очищення — від грубого очищення від асфальтено-смолистих частинок до тонкої фільтрації, спрямованої на вилучення дисперсної води та продуктів окиснення.

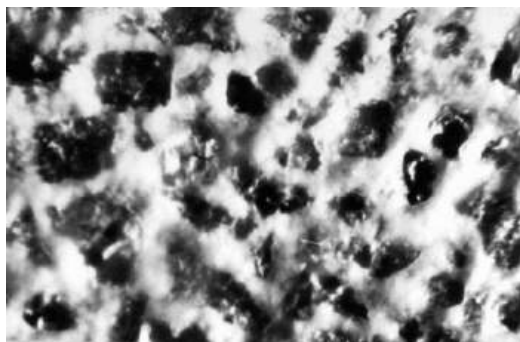
Технологія виготовлення фільтроелементів на основі ПТФЕ включає змішування порошку полімеру з кристалічним пороутворювачем, пресування, термічну обробку та наступне вимивання пороутворювача [3]. Така схема забезпечує формування стабільної порової структури, що зберігає свої характеристики навіть за умов підвищених температур і тривалого контакту з трансформаторною оливою. Фільтруючі елементи можуть мати різну конструкцію - циліндричну, дискову, стаканоподібну - що дозволяє використовувати їх у різних типах фільтрувального обладнання.



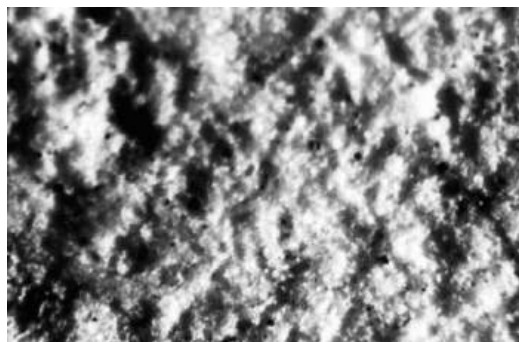
а



б



в

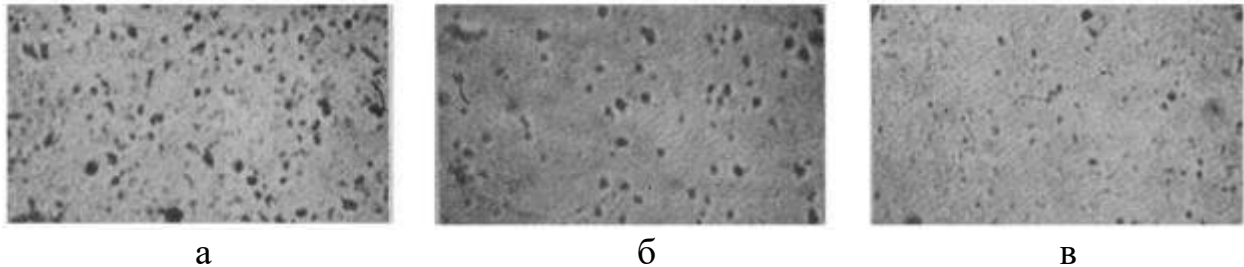


г

Рисунок 1 - Порові структури фільтруючих матеріалів з різною тонкістю фільтрування: а – 40 мкм; б – 20 мкм; в – 5 мкм; г – 1 мкм.

Експериментальні дослідження фільтраційних характеристик ПТФЕ показали, що матеріал забезпечує значне зменшення концентрації механічних

домішок у трансформаторних оливах (рис. 2). Зокрема, при застосуванні фільтроелементів з тонкістю фільтрації 20 мкм спостерігається істотне очищення оливи від асфальтено-смолистих частинок та твердих продуктів окиснення (рис. 2б). Тонко пористі варіанти з діаметром пор близько 5 мкм демонструють підвищену здатність до видалення дрібнодисперсної води та інших колоїдних включень (рис. 2в).



а

б

в

Рисунок 2 - Вид часток забруднювача олії М-10Г:

а - у вихідних пробах; б - після фільтрації через ФЕП 40-6,2/20 мкм;
в - після фільтрації через ФЕП 40-6,2/5 мкм.

Гідравлічні характеристики фільтруючого матеріалу відповідають закономірностям ламінарної фільтрації та забезпечують стабільну пропускну здатність за різних перепадів тиску. Навіть при поступовому накопиченні забруднень фільтруючий елемент демонструє прогнозоване зростання гідравлічного опору, що дозволяє завчасно контролювати момент необхідності його заміни (рис. 3).

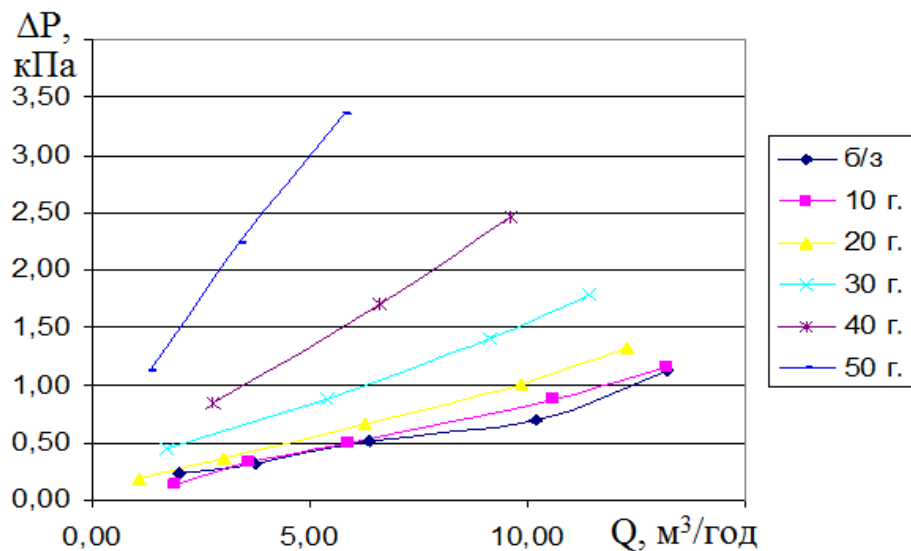


Рисунок 3 - Вплив забрудненості ФЕП 153-130-205/20 на його гідравлічну характеристику

Висока брудоемність пористого ПТФЕ пояснюється його розвинутою внутрішньою структурою, здатною акумулювати значні кількості домішок без

істотного погіршення фільтраційних властивостей. Це забезпечує тривалий ресурс роботи фільтроелементів та зменшує частоту їх обслуговування.

Фільтруючі елементи на основі пористого ПТФЕ активно використовуються у складі фільтропакетів і установок тонкого очищення трансформаторних олив. Їх застосування дозволяє підвищити електричну міцність оливи, зменшити інтенсивність процесів старіння та збільшити надійність роботи силових трансформаторів. Завдяки своїм властивостям пористий політетрафторетилен є одним із найбільш перспективних матеріалів для створення високоефективних фільтраційних систем у галузі електроенергетики.

Список використаних джерел

1. Kozlov, V.K., Valiullina, D.M., Turanova, O.A. *et al.* Transformer Oil Degradation Mechanisms. *Power Technol Eng.*, 2022. **56**, pp.305–308. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01510-2>
2. Kaliuzhnyi O.B., Platkov V.Ya. The structure and properties of porous poly(tetrafluoroethylene). *J. Polym. Res.*, 2022. 29, pp. 32-37 <https://doi.org/10.1007/s10965-022-02887-w>
3. Kaliuzhnyi O. B., Platkov V. Ya. Formation of Porous Poly(tetrafluoroethylene) Using a Partially Gasified Porogen. *Iran J. Mater. Sci. Eng.*, 2020. 2, 17, pp. 13-19 <https://doi.org/10.22068/ijmse.17.2.13>

УДК 678.742.2:539.216

ПОРІВНЯННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОУТВОРЮВАЧІВ NaCl ТА NaHCO_3 ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТРУКТУРУ ПОРИСТОГО ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ

Марченко М.М., аспірант, Калюжний О.Б., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Представлено порівняльний аналіз фізико-хімічних властивостей пороутворювачів NaCl та NaHCO_3 та їхнього впливу на формування пористої структури політетрафторетилену (ПТФЕ). Встановлено, що варіація пропорцій пороутворювачів дозволяє оптимізувати ПТФЕ для застосувань, які вимагають балансу між високою проникністю та достатньою мікротвердістю.

Пористі матеріали на основі ПТФЕ знаходять широке застосування в різноманітних промислових та біомедичних галузях завдяки їхній унікальній комбінації хімічної стійкості, термічної стабільності та біосумісності [1]. Функціональні характеристики цих матеріалів – проникність, міцність та теплоізоляційні властивості – безпосередньо залежать від структури порового простору (розміру, розподілу та форми пор). Контрольоване формування пористості є ключовим для оптимізації матеріалів для специфічних інженерних задач, таких як фільтрація, мембрани, теплообмінники та медичні імплантати [2].

Отримання пористих матеріалів на основі ПТФЕ може відбуватися двома основними методами: формуванням із жорстких частинок термообробленого полімеру або шляхом введення та подальшого видалення пороутворюючих компонентів (метод вилуговування) [3].

Виготовлення пористих матеріалів на основі ПТФЕ методом вилуговування пороутворювачів є контрольованим технологічним процесом [4]. Він включає такі основні стадії: підготовка (подрібнення) пороутворювача; приготування суміші порошку ПТФЕ та пороутворювача; формування заготовки пресуванням; термообробка (спікання) при температурі вище 327°C для утворення монолітної полімерної матриці; видалення пороутворювача (вилуговування) розчинником, найчастіше водою; і сушіння [5].

Хлорид натрію NaCl є типовим фізичним пороутворювачем, оскільки його висока температура плавлення 800°C значно перевищує температуру спікання ПТФЕ, і пори формуються виключно після вилуговування солі з полімерної матриці. Натомість, бікарбонат натрію NaHCO_3 може діяти за комбінованим механізмом: при температурі спікання відбувається його термічний розклад із виділенням газоподібних продуктів, зокрема CO_2 , що сприяє формуванню мікропор та збільшенню проникності, тоді як кінцеві продукти розкладу та залишковий бікарбонат вилугуюються водою.

Вибір пороутворювача має вирішальне значення, оскільки його властивості впливають на морфологію пор, ефективність процесу та механічні властивості кінцевого полімеру. В таблиці 1 наведено порівняльний аналіз пороутворювачів NaCl та NaHCO_3 .

Таблиця 1 Порівняння характеристик пороутворювачів NaCl та NaHCO_3

Параметр порівняння	NaCl	NaHCO_3
Основний механізм пороутворення	Фізичний (вилуговування)	Комбінований (газоутворення + вилуговування)
Температура плавлення/розкладу	800°C (Не розкладається/плавиться при $T_{\text{спік}}$ ПТФЕ)	Розкладається при $50\text{--}270^{\circ}\text{C}$ (Часткове газоутворення під час спікання)
Щільність	2165 кг/м^3 (Близька до щільності ПТФЕ 2190 кг/м^3)	Нижча за щільність NaCl
Розчинність у воді	Висока (відмінна)	Середня (нижча, ніж у NaCl)
Кінетика вилуговування	Повільніша, але повна (висока розчинність у воді)	Значно швидша (при використанні HCl скорочення часу вилуговування у 5 разів [6])
Форма пор	Більш ізотропна (кубічна форма кристалів)	Може формувати бімодальні або дрібніші пори за рахунок газоутворення
Вплив на ПТФЕ	Зменшує кристалічність полімерної матриці	Використання HCl для вилуговування може знижувати середню

		молекулярну масу полімеру (гідроліз)
Доступність/ вартість/токсичність	Загальна доступність, невисока вартість, відсутність токсичних властивостей.	Загальна доступність, невисока вартість, нетоксичний.

Механізм дії пороутворювачів є ключовим: NaCl функціонує як фізичний порформер (вилуговування), оскільки його висока температура плавлення 800°С унеможливорює розклад під час спікання. На противагу цьому, NaHCO₃ діє за комбінованим механізмом: він частково розкладається при температурі спікання з виділенням CO₂ (сприяючи утворенню мікропор та збільшенню проникності), а кінцеві продукти та залишок солі видаляються вилуговуванням.

Дослідження підтвердило контрольований вплив пороутворювачів NaCl та NaHCO₃ на структуру пористих ПТФЕ. NaCl функціонує як фізичний пороутворювач, забезпечуючи матеріалам вищу мікротвердість. Натомість, NaHCO₃ діє за комбінованим механізмом (газоутворення + вилуговування), що забезпечує швидше вилуговування та вищу проникність.

У подальшій роботі планується здійснити поглиблений аналіз впливу варіації пропорцій вихідних компонентів на формування порової структури, зокрема на керування розміром і розподілом пор для адаптації матеріалу під специфічні технічні вимоги. Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення кількісної кореляції між морфологією пор та ключовими функціональними характеристиками матеріалу, такими як ефективність фільтрації, сорбційна здатність і довговічність. Отримані результати дозволять сформулювати науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації технологічних параметрів і підвищення експлуатаційної ефективності пористих полімерних матеріалів.

Список використаної літератури

1. Калюжний О.Б., Платков В.Я., Автухов А.К., Марченко М.М. “Вплив комбінування пороутворювачів NaCl та NaHCO₃ на структуру та фізико-механічні властивості пористих політетрафторетиленів”. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2024. 51-52 ст., <https://doi.org/10.5281/zenodo.15426178>
2. Rula M.Allaf (2025), The effect of PEO/NaCl dual porogens in the fabrication of porous PCL membranes via a solid-state blending approach, *Scientific reports*, Vol 15, 2025., pp 20-23, <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84743-z>
3. C. Ruiz-Aguilar, U.Olivares-Pinto, I.Alfonso., Novel β -TCP scaffold production using NaCl as a porogen for bone tissue applications., *Ceramic international*, Vol 47, Issue 2., 2021, pp 2244-2246. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.09.064>
4. Kaliuzhnyi O.B., Platkov V.Ya. The structure and properties of porous poly(tetrafluoroethylene). *J. Polym. Res.*, 2022. 29, pp. 32-37 <https://doi.org/10.1007/s10965-022-02887-w>

5. Kaliuzhnyi O. B., Platkov V. Ya. Formation of Porous Poly(tetrafluoroethylene) Using a Partially Gasified Porogen. Iran J. Mater. Sci. Eng., 2020. 2, 17, pp. 13-19 <https://doi.org/10.22068/ijmse.17.2.13>

6. Yu-Sheng Tseng , Wei-Hsi Cha , Yu-Jui Cheng, Chih-Kuang Wang, Porous Hydroxyapatite Bioscaffolds via Hybrid FDM-DLP 3D. Printing with Porogen Engineering. *International Journal of Clinical Medicine and Bioengineering.*, Volume 4, Issue 3., 2024., pp 3-4., DOI 10.1088/1758-5090/ad1b20

УДК 621.793

RESTORATION OF MACHINE PARTS USING HIGH-ENERGY DENSITY SOURCES

Khalenko A. S. student

State Biotechnological University

The topic of restoring machine parts using high-energy density sources is highly relevant because modern industry requires efficient and economically viable methods for repairing equipment. The use of such technologies significantly extends the service life of expensive and complex machine components, reduces equipment downtime, and improves the overall reliability of machinery. This makes high-energy processing methods an important direction in the development of repair technologies.

General Provisions

The restoration of machine parts is a set of technological processes aimed at restoring the geometric dimensions, physicommechanical properties, and operational characteristics of worn machine elements [1-5]. The main purpose is to extend the service life of components without the need for complete replacement. High-energy density sources (HEDS) are technological systems that provide localized, intensive, and rapid heating of the material. HEDS include:

- laser systems;
- electron-beam equipment;
- plasma systems;
- high-frequency induction heaters;
- arc sources with high current density.

Characteristic features of HEDS:

- high heat flux density (up to 10^6 – 10^8 W/cm²);
- a minimal heat-affected zone, which reduces the risk of overheating;
- the ability to perform localized processing of specific surface areas;
- high controllability of the process: automation and precise energy delivery.

The use of HEDS ensures:

- increased wear resistance of working surfaces;
- reduced deformation during repair;
- restoration of geometry and mechanical properties of parts;
- the possibility of repair strengthening of the material.

Main Processes of Restoring Parts Using HEDS

Laser Cladding

A laser beam locally melts the surface and the supplied filler material. A thin, dense, and high-strength cladding layer is formed. Advantages: minimal defects, high adhesion, and small machining allowance.

Plasma Cladding

A plasma jet with a temperature of 5000–20,000°C melts powder or wire filler material. This method provides high productivity and allows smooth regulation of the deposited layer thickness (0.5–5 mm).

Electron-Beam Processing

Ensures deep penetration welding/cladding with minimal thermal impact on adjacent material. It is used for highly critical parts.

Induction Cladding and Hardening

A high-frequency electromagnetic field heats only the surface layer of the metal. This method is effective for shafts, gears, and rollers.

High-Density Arc Cladding

Used for restoring large surfaces (e.g., shaft bearing seats). It is characterized by high productivity and accessibility.

Example of Using HEDS for Part Restoration

Example: Restoration of a Shaft Journal by Laser Cladding

Condition of the Part:

Operational wear of a bearing seat Ø50 mm (wear 0.3–0.5 mm), presence of scratches and microcracks.

Technological Process:

1. Defect detection: identification of wear depth and cracks.
2. Surface preparation: turning to remove damaged material.
3. Degreasing and fixing the part on the unit.
4. Laser cladding using powder filler material (such as 12X18H10T or Stellite).
5. Formation of a cladding layer with a thickness of 0.5–1.2 mm.
6. Natural cooling without additional heat treatment (due to rapid self-quenching).
7. Machining to diameter Ø50 h6.
8. Hardness control (expected: 45–60 HRC) and surface roughness $Ra \leq 0.8$.

Result:

Wear resistance increases by 1.5–3 times, and the service life reaches up to 10,000 hours depending on operating conditions.

Conclusion

The use of high-energy density sources is one of the most effective approaches in modern repair and modernization of machine parts. HEDS ensure precise localized heating, minimal thermal deformation, and a high degree of restoration of material properties. Laser, plasma, electron-beam, and induction cladding methods make it possible to restore parts of various complexities and functions—from shafts and bearing seats to gears and housing components. With proper selection of technological parameters and surface preparation, the service life of a restored part can often exceed that of a new one. The use of HEDS is economically justified, increases the

maintainability of equipment, and reduces machine operating costs.

References

1. Aprilia Aprilia, Naïen Wu, Wei Zhou. Repair and restoration of engineering components by laser directed energy deposition. *Materials Today: Proceedings*. Volume 70. 2022. P. 206-211. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.022>.
2. Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. / O. Sidashenko, O. Tikhonov, S. Luzan and all. Textbook. Kharkiv: KhNTUA, 2017. 340 p.
3. Meng Liu, Yujun Cai, Chunzheng Duan, Guohe Li. Key techniques in parts repair and remanufacturing based on laser cladding: A review. *Journal of Manufacturing Processes*. Volume 132. 2024. P. 994-1014. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2024.11.039>.
4. Laser Cladding Remanufacturing of Metallic Components in High-End Agricultural Machinery and Equipment: Material Design, Processing, and Properties. / Lu, H.; Yan, H.; Lv, J.; Deng, W.; Liang, Y.; Xu, X.; Cai, J.; Luo, K.; Lu, J. *Metals*. 2025, 15, 1166. <https://doi.org/10.3390/met15111166>
5. Methodology of technological design in the restoration of parts. / Alexander Permyakov et al. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2023. 1277. 012013. doi:10.1088/1757-899X/1277/1/012013

УДК 621.793

WAYS TO STRENGTHEN AND RESTORE PARTS USING COATINGS MADE USING NANOTECHNOLOGY

Spira D. M. student

State Biotechnological University

Wear of parts is the main reason for the loss of performance of technical systems. During operation, parts are subject to wear, which, in turn, leads to inaccurate operation of mechanisms and reduced reliability of equipment. "Traditional" methods of strengthening parts, although effective, have many limitations in terms of uniformity of strengthening, temperature restrictions, etc. The development of nanotechnology allows you to create a completely different, new class of coatings that provide improved coating characteristics. Today, coatings using nanotechnology are a key direction in the restoration and strengthening of parts.

Nanotechnology is based on the ability to control the structure and properties of a material at a level of up to 100 nm, materials with such a structure have unique characteristics due to the formation of super-strong interatomic bonds and increased diffusion activity [1-6].

Nanocoatings allow you to increase surface hardness, reduce the coefficient of friction by more than two times, increase wear resistance, increase corrosion resistance and restore surfaces without changing the geometry of the part.

Types of nanostructured coatings:

- Nitride coatings – high hardness and heat resistance, resistance to corrosion and oxidation;
- Carbide coatings – high hardness, resistance to abrasive and erosive wear;
- Diamond-like coatings – ultra-low friction coefficient, corrosion protection;
- Nanocomposite coatings – combination of hardness and elasticity, resistance to microcracks.

Methods of applying nanostructured coatings:

- Gas thermal spraying – processes that allow the application of coatings with high adhesion strength to the substrate, which can be nanostructured;
- Galvanic methods (electrochemical coatings) – these methods can be adapted to deposit nanocrystalline or composite coatings by adding nanoparticles to the electrolyte;
- Chemical and physical vapor deposition – these methods allow the formation of ultrathin and ultrahard nanostructured films, which are used to increase the wear resistance of cutting tools and parts operating under conditions of intense friction;
- Micro-arc oxidation – is a method used for aluminum and light alloys that allows the creation of a hard oxide layer with a nanoporous structure.

The use of nanotechnology in the restoration and strengthening of parts is the most promising direction in modern mechanical engineering and materials science. Nanostructured coatings provide a completely new level of operational characteristics, thanks to the control of the material structure at the atomic-molecular level.

An equally important advantage is the versatility of nanocoatings. They make it possible not only to strengthen new parts, but also to restore worn parts, returning geometric parameters and improving the initial characteristics.

The use of nanocoatings allows you to reduce repair and maintenance costs. The cost of coating is much lower than replacing a part.

Nanocoatings have significantly expanded the capabilities of parts in extreme conditions - at high temperatures, in an aggressive environment, in conditions of a shortage of lubricant, etc. This makes it possible to use them in the aviation, mechanical engineering, shipbuilding, energy and medicine industries.

However, taking into account significant achievements, the potential of nanotechnology has not yet been exhausted. Modern research is aimed at creating adaptive coatings that change properties during operation, thus bringing the characteristics of parts closer to wear-free operation.

Conclusion

Therefore, the use of nanotechnology is a strategic direction of development. The use of nanocoatings provides an economic effect, increases the reliability of equipment and opens the way to the creation of a new generation of products.

References

1. The Augmentation of nanotechnology era: A concise review on fundamental concepts of nanotechnology and applications in material science and technology. / S.A.

Ahire et al. *Results in Chemistry*. Volume 4. 2022. 100633. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2022.100633>.

2. Nanostructures and nanocapsules [electronic resource]: lecture notes course "Nanostructures and nanocapsules" for students of 163 "Biomedical Engineering" all forms of education / Way. E. Sorochan. Mariupol, PSTU, 2019. 80 p.

3. Donald R Baer, Paul E Burrows, Anter A El-Azab Enhancing coating functionality using nanoscience and nanotechnology. *Progress in Organic Coatings*. Volume 47, Issues 3–4. 2003. P. 342-356. [https://doi.org/10.1016/S0300-9440\(03\)00127-9](https://doi.org/10.1016/S0300-9440(03)00127-9).

4. Nanomaterial advanced smart coatings: Emerging trends shaping the future. / Vishnu V. Pillai et al. *Applied Materials Today*. Volume 42. 2025. 102574. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102574>.

5. Recent advances in nanotechnology-based functional coatings for the built environment. / Qiang Zhu et al. *Materials Today Advances*. Volume 15. 2022. 100270. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2022.100270>.

6. Shafique M, Luo X. Nanotechnology in Transportation Vehicles: An Overview of Its Applications, Environmental, Health and Safety Concerns. *Materials (Basel)*. 2019 Aug 6;12(15): 2493. doi: 10.3390/ma12152493.

Секція 7

**ОБЛАДНАННЯ
ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ**

УДК 664.858: 664.144: 664.681

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ НАТУРАЛЬНИХ РОСЛИННИХ ПАСТ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ЦУКРОВИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Загорулько О.Є., канд. техн. наук, доц.; Самохвалова О.В., канд. техн. наук, проф.; Касабова К.Р., канд. техн. наук, доц.; Загорулько А.М., канд. техн. наук, доц.; Шидакова-Каменюка О.Г., канд. техн. наук, доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі висвітлено сучасні підходи до створення натуральних рослинних паст для цукрових кондитерських виробів. Показано актуальність використання природної сировини з підвищеним вмістом біологічно активних речовин та зниженим вмістом цукру й жиру. Окреслено напрями вдосконалення технології: покращення сировинної бази, застосування енергоощадних методів концентрування та розробка інноваційних рецептур. Наведено приклади ефективного використання багатокомпонентних плодоовочевих паст у різних видах кондитерської продукції.

Сучасні тенденції харчової промисловості демонструють зростання попиту на продукцію, що поєднує у собі натуральні органолептичні властивості та користь для здоров'я. Споживачі дедалі частіше надають перевагу «кондитерським виробам із натуральним хімічним складом», мінімальною кількістю цукру та жиру, а також високим вмістом функціональних інгредієнтів. У зв'язку з цим питання створення здорових кондитерських продуктів, збагачених біологічно активними речовинами, стає актуальним як для виробників, так і для науковців.

Серед підходів до створення «здорових кондитерських виробів» можливо виділити такі основні напрямки як пошук нової натуральної сировини, використання удосконаленого ресурсозберігаючого обладнання та моделювання нових рецептур кондитерських виробів.

Для вирішення цих завдань нами було удосконалено тепломасообміне обладнання для реалізації процесів попередньої теплової обробки сировини, її концентрування та пастеризації. Яке дозволяє отримати рослині пасту, вироблену за щадних температурних умов, містять широкий спектр біологічно активних речовин: вітаміни (С, А, Е), β -каротин, поліфеноли, антоціани, пектинові речовини, органічні кислоти, мінерали, а також харчові волокна, які мають антиоксидантну, імуномодулюючу та пребіотичну дію. Важливою перевагою плодоовочевих паст є їхній технологічний потенціал: вони можуть слугувати не лише функціональними інгредієнтами, а й природними згущувачами та структуроутворювачами. Це відкриває широкі можливості для використання паст у виробництві драгелеподібних та збивних цукрових кондитерських виробів, зокрема зефіру, мармеладу, рахат-лукуму, пасти, кремово-збивних цукерок тощо.

Особливої ваги в розробці натуральних кондитерських виробів набуває технологія отримання рослинних паст шляхом концентрування у роторному плівковому апараті. Такий спосіб дає змогу проводити уварювання сировини під

вакуумом при температурах не вище 60...70 °С, що значно зменшує втрати термочутливих речовин – передусім вітамінів та ароматичних летких компонентів. Завдяки тонкошаровому інтенсивному випаровуванню паста досягає потрібної густини без тривалого теплового впливу, що дозволяє зберегти природний колір, смак і запах використаної сировини. Крім того, такий підхід забезпечує зниження енергоспоживання, прискорення процесу концентрування та запобігання небажаній карамелізації цукрів, що є важливим для підтримання функціональної цінності кінцевого продукту.

Науковці Державного біотехнологічного університету виконали комплексні дослідження та розробили низку багатокомпонентних рослинних паст, створених на основі різних поєднань плодово-овочевої та ягідної сировини (зокрема яблук, айви, гарбуза, буряка, шипшини, журавлини, чорної смородини, абрикосів, глоду, жимолості тощо). Одночасно були запропоновані технологічні рішення щодо їхнього використання у виробництві різних груп цукрових кондитерських виробів.

Зокрема, у рецептурі зефіру ефективною виявилася заміна 75 % традиційного яблучного пюре сумішшю паст із яблука, буряка і гарбуза. Така комбінація позитивно впливала на текстурні показники, зменшувала потребу у синтетичних добавках і підвищувала вміст харчових волокон та каротиноїдів.

У технології пастили використання суміші паст з яблука, журавлини та глоду у співвідношенні 50:40:10 у кількості 75 % забезпечувало насичений смак, формувало стабільну структуру та давало змогу знизити загальний вміст сухих речовин. Додавання пасти з яблук, айви і чорної смородини у кількості 30 % до рецептури мармеладу дозволило покращити його еластичність і зменшити витрати агару на 30 % без погіршення структурної цілісності. Застосування цієї ж пасти у кремово-збивних цукерках у кількості 15 % сприяло формуванню природного забарвлення, надавало приємного фруктово-ягідного аромату, знижувало потребу в агарі на 40 % і підвищувало вміст вітаміну С, поліфенольних сполук і некрохмальних полісахаридів.

У виробництві рахат-лукуму було доведено, що часткова заміна крохмалю пастою з яблук, айви та гарбуза дозволяє зменшити його кількість на 20 % і водночас покращити показники якості готових виробів.

Дослідниками також створено функціональну рецептуру пату на основі фруктової пасти з яблук, абрикосів і шипшини. Такий продукт характеризувався підвищеною часткою харчових волокон, вітамінів А, С, β-каротину, стабільною консистенцією та привабливим зовнішнім виглядом.

Сукупність отриманих експериментальних даних підтверджує високу ефективність запровадження плодовоовочевих паст у технології цукрових кондитерських виробів. Їх використання дозволяє суттєво підвищити харчову цінність, збагатити продукцію натуральними біологічно активними компонентами, покращити органолептичні властивості та зменшити залежність від синтетичних інгредієнтів. Подальші дослідження передбачають детальне вивчення змін властивостей паст під час зберігання, оптимізацію рецептур з урахуванням взаємодії компонентів і розроблення технологічних рішень,

спрямованих на масштабне виробництво натуральних функціональних кондитерських виробів.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Zagorulko, A., Kasabova, K., Liashenko, B., Postadzhiev, A., & Sashnova, M. (2022). Improving a tempering machine for confectionery masses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11 (116), 6–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254873>
2. Загорулько, О. Є., Загорулько, А. М., Касабова, К. Р., Чуйко, Л. О., Яковець, Л. А., Пугач, А. М., Бараболя, О. В., & Лаврук, В. В. (2022). Удосконалення технології виробництва функціональних пастоподібних плодово-ягідних напівфабрикатів. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (118), 43–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262924>
3. Kasabova, K., Samokhvalova, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Babaiev, S., Bereza, O., Ponomarenko, N., Tesliuk, H., & Yukhno, V. (2022). Improvement of Turkish delight production technology using a developed multi-component fruit and vegetable paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120), 51–59. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393>
4. Zagorulko, A., Kasabova, K., Shevchenko, A., Dmytrevskyi, D., Levchenko, Y., Kalashnyk, O., Koshulko, V., & Gromov, A. (2025). Determining the heat and mass exchange efficiency of a scraper heat exchanger for heating food semi-finished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (136), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.335509>
5. Загорулько А. М., Загорулько О. Є. (2025). Удосконалення способу виробництва полікомпонентного напівфабрикату високого ступеня готовності. *Наукові праці НУХТ*, 31(1), 197—207. DOI: 10.24263/2225-2924-2025-31-1-17
6. Zagorulko, A., Kasabova, K., Zahorulko, A., Shydakova-Kameniuka, O., Ponomarenko, N., Bereza, O., Gromov, A., & Kholobtseva, I. (2024). Improving the production technique of pat based on multicomponent fruit and berry paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (128), 46–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301651>
7. Shydakova-Kameniuka, O., Zagorulko, A., Kasabova, K., & Zahorulko, A. (2023). Assessment of the quality of cream-white candy with the addition of fruit and berry paste during storage. *EUREKA: Life Sciences*, (6), 28-36. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.003193>

УДК 664.8/9: 635.24

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БУЛЬБ ТОПІНАМБУРУ ЗАМІСТЬ БУЛЬБ КАРТОПЛІ ПРИ ПРИГОТУВАННІ СТРАВ

Гурський П.В., к.т.н., проф., Іващенко С.Г., к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В дослідженнях розглянуто використання топінамбуру замість картоплі. Вплив топінамбуру на організм людини. Розглянуті кулінарні переваги топінамбуру та морозостійкісні властивості.

В теперішній час, з підвищенням відсотку діабетичної хвороби у людей, виникає потреба в використанні альтернативної продукції, в якій міститься менше крохмалю та нижчий глікемічний індекс. Всім звичайна картопля, яка займає широке використання при приготуванні перших, других та інших страв має великий відсоток крохмалю і погано впливає на організм людини з такою хворобою. Такою культурою, яка може замінити картоплю є топінамбур, який є багаторічною бульбоносною рослиною і незаслужено знаходиться в тіні картоплі. З урахуванням зростаючих вимог до функціонального харчування та сталого сільського господарства, топінамбур має ряд значних переваг, які роблять його перспективною альтернативою та цінним доповненням до раціону.

Картопля більшою мірою містить крохмаль, який має високий глікемічний індекс, а у бульбах топінамбуру головним запасним вуглеводом є інулін (до 16-18% і вище), який є полімером фруктози. Інулін не засвоюється ферментами травного тракту людини та діє як пребіотик. Він стимулює зростання корисної кишкової мікрофлори та сприяє нормалізації рівня глюкози у крові. Це робить топінамбур незамінним продуктом у дієтотерапії цукрового діабету. Топінамбур містить більше вітамінів групи В і вітаміну С, а також багатше мінералами (залізом, цинком, калієм) в порівнянні з картоплею. Також топінамбур має здатність до низького накопичення нітратів і радіонуклідів. Це дозволяє виробляти його без інтенсивного застосування пестицидів.

За показниками врожайності та агрономічної невибагливості, топінамбур часто перевершує картоплю. Його врожайність складає 40-50 т/га і вище, що перевищує середні показники врожайності картоплі, яка складає 25-30 т/га.

Топінамбур менш вимогливий до ґрунтів, ніж картопля, і здатний давати хороші врожаї навіть на бідних ґрунтах. Він також відрізняється високою стійкістю до більшості хвороб та шкідників, включаючи фітофтороз, який є серйозною проблемою для картоплі.

Кулінарне застосування топінамбуру досить широке. Його додають в інші страви значно ширше, ніж у картоплі, завдяки його специфічному солодкуватому, горіховому смаку [1, 2]. На відміну від картоплі, яка переважно вживається в приготовленому вигляді, топінамбур корисно їсти сирим (у салатах натертим або нарізаним), може бути смаженим, вареним, тушкованим, запеченим. Топінамбур використовується при приготуванні випічки (використовується сушений порошок). Його також використовують при

приготуванні сиропів та екстрактів, які служать заміниками цукру, та тонізуючих напоїв (аналогічно цикорію).

Виняткова морозостійкість топінамбуру є ключовою агротехнічною перевагою, що кардинально відрізняє його від картоплі. Топінамбур здатний зимувати в ґрунті і витримувати морози до -30°C (а при достатньому сніговому покриві - до -40°C). Найкращим способом зберігання топінамбуру є його тримання в ґрунті протягом всієї зими та викопувати при необхідності (до весни). Це значно спрощує логістику та зберігання для фермерів та приватних господарств.

Топінамбур не досить добре зберігається в приміщенні довго, він в'яне, але гарно витримує заморозку без істотної втрати смакових та цінних якостей. При правильному заморожуванні (у сирому або бланшованому вигляді при температурі нижче -18°C бульби топінамбуру зберігають свою структуру, смак та високий вміст інуліну [3]. При заморожуванні і відтаванні бульби, що містять крохмаль (як картопля) можуть набувати небажаної консистенції, тоді як топінамбур зберігає свою поживну цінність.

Висновки

Виходячи зі сказаного можна зробити висновок, що топінамбур є гарною альтернативою при приготуванні страв людям, яким протипоказано вживати в їжу картоплю.

Список використаних джерел:

1. Загорулько А. М., Лук'янов І.М., Ібаєв Е.Б., Титаренко Н.В. Удосконалення способу виробництва напівфабрикатів високого ступеня готовності з бульб топінамбура. /Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв”. Харків: ДБТУ, 2022 р. –С. 31-32.
2. Саліханова Д.Р., Шабельникова А.А. Технологія напівфабрикатів на основі топінамбура та кизилу. Вісник ХНТУСГ. Випуск 181. Харків: ДБТУ, 2017 р. –С. 139-144.
3. Гурський П.В., Богомолів О.В., Бредихін В.В., Денисенко С.А., Іващенко С.Г., Токолов Ю.І., Заїка В.П., Шерстюк В.С., Кісь В.М., Лук'янов І.М.. Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв. Практикум. ХНТУСГ - Харків: Діса плюс, 2019. - 256 с.

УДК 66.081.63:663.81

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ ПЛОДОВОЯГІДНИХ СОКІВ

Дейниченко Г.В., д-р. техн. наук, проф., Дмитревський Д.В., канд. техн. наук, доц., Гончар Д.О., аспірант, Піддубний О.А, здобувач ВО ступеня магістра, Лавренюк В.В., здобувач ВО ступеня бакалавра

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Розглянуто ефективність мембранних процесів у технології очищення та концентрування плодовагідних соків. Проаналізовано можливості мікрофільтрації, ультрафільтрації та зворотного осмосу щодо підвищення якості продукції, збереження біологічно активних речовин і зниження енергетичних витрат. Наведено переваги мембранних технологій порівняно з традиційними методами обробки, зокрема щодо стабільності, прозорості та натуральності соків. Зазначено ключові фактори, що впливають на продуктивність мембранних систем та перспективи їх упровадження у харчовій промисловості.

Мембранні технології сьогодні є одним із найбільш перспективних напрямів удосконалення процесів переробки плодовагідної сировини. Вони забезпечують щадні умови обробки продуктів, збереження біологічно активних речовин, підвищення якості соків та оптимізацію ресурсних витрат у промисловому виробництві. На відміну від традиційних методів освітлення й концентрування (осадження, центрифугування, випаровування), мембранні процеси дозволяють розділяти багатокомпонентні системи без використання високих температур і хімічних реагентів, що є критично важливим для збереження вітамінів, фенольних сполук та ароматичних компонентів [1].

Плодовагідні соки містять значну кількість завислих частинок, колоїдів, пектинових речовин, а також природних барвників і мікроорганізмів, які зумовлюють їхню нестійкість і ускладнюють подальше концентрування та зберігання [2]. Традиційні методи освітлення потребують додаткових флокулянтів або складного температурного режиму [3]. Впровадження мембранної фільтрації – зокрема мікрофільтрації й ультрафільтрації – дозволяє здійснювати високоточне очищення соків, отримуючи стабільний за складом продукт із мінімальними змінами органолептичних характеристик.

Мікрофільтрація забезпечує відділення великих завислих частинок і мікроорганізмів, що підвищує мікробіологічну стійкість соку без термічної пастеризації. Ультрафільтрація дозволяє затримувати високомолекулярні компоненти, такі як білки та пектинові речовини, які спричиняють утворення осаду під час зберігання. У результаті виробник отримує прозорий, стабільний сік, придатний до подальшого концентрування або фасування [4].

Однією з найбільш ефективних технологій у виробництві концентрованих соків є зворотний осмос. На відміну від випарювання, яке супроводжується нагріванням продукту, зворотний осмос дає можливість збільшити

концентрацію сухих речовин за низьких температур [5]. Це дозволяє зберегти термолабільні вітаміни (зокрема вітамін С), природні ароматичні компоненти та колір, що є конкурентною перевагою для виробників. Дослідження показують, що енергетичні витрати на осмотичне концентрування можуть бути в кілька разів меншими, ніж на традиційне вакуумне випарювання, особливо на початкових етапах концентрування [6].

Ефективність мембранних процесів у переробці плодово-ягідних соків значною мірою залежить від типу мембран, їхнього матеріалу, пористості, вибіркової та стійкості до забруднення. До найбільш поширених належать полімерні мембрани з полісульфону, поліетилентерефталату та поліаміду, які поєднують механічну міцність і високу продуктивність. Водночас одним із ключових викликів залишається явище забруднення мембран, що призводить до зниження продуктивності та зміни селективності. Запобігти цьому дозволяють періодичні промивки, оптимізація швидкості потоку, використання турбулізаторів та вибір мембран із модифікованою поверхнею.

Крім того, важливим аспектом підвищення ефективності мембранних процесів є дослідження впливу технологічних параметрів, таких як тиск, температура, рН, попередня підготовка соку. Правильно обраний режим фільтрації дозволяє збільшити продуктивність обладнання та зменшити витрати енергії. Наприклад, оптимізація тиску може забезпечити збільшення виходу фільтрату без значного зростання забруднення мембран, а попередня ферментативна обробка пектинів – додаткове покращення прозорості продукту.

У світовій практиці мембранні технології розглядають як ключовий елемент переходу до енергоефективного та екологічно безпечного виробництва харчових продуктів. Вони дають змогу скоротити використання води, зменшити кількість відходів і підвищити рівень автоматизації процесів. Для плодово-ягідної галузі це особливо значимо, адже сезонність сировини та вимоги до якості кінцевого продукту роблять технологічну гнучкість і збереження корисних речовин критичними факторами ефективності.

Таким чином, інтеграція мембранних методів у технологічні схеми переробки соків дозволяє вирішити одразу кілька завдань: отримати стабільний за якістю продукт, підвищити економічну ефективність виробництва, розширити можливості для виготовлення соків прямого віджиму, концентратів, напоїв із високою біологічною цінністю. Сучасні тенденції розвитку технологій спрямовані на комбінування різних мембранних процесів, створення модульних систем, впровадження інтелектуальних систем керування та прогнозування стану мембран.

Висновки

Мембранні процеси довели свою високу ефективність у технології очищення та концентрування плодово-ягідних соків, оскільки забезпечують збереження природних властивостей продуктів і дозволяють уникнути теплового впливу, характерного для традиційних методів. Застосування мікрофільтрації та ультрафільтрації забезпечує одержання стабільного, прозорого соку без використання хімічних реагентів, що позитивно впливає на органолептичні

показники та подовжує термін зберігання. Зворотний осмос, як енергоефективний метод концентрування, робить можливим одержання високоякісних концентратів із мінімальними втратами біологічно активних речовин та ароматичних компонентів. Висока результативність мембранних процесів значною мірою залежить від правильного підбору типу мембран, оптимальних технологічних параметрів та заходів зі зменшення забруднення поверхні мембран, що забезпечує стабільність роботи обладнання та підвищує його економічну доцільність. Загалом впровадження мембранних технологій сприяє екологізації та ресурсозбереженню у виробництві плодоягідних соків, відкриваючи широкі можливості для підвищення ефективності та конкурентоспроможності підприємств сокової галузі.

Список літератури:

1. Hameed, K. W. Concentration of Orange Juice Using Forward Osmosis Membrane Process. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 14(4), 71-79, 2013. <https://doi.org/10.31699/IJCPE.2013.4.8>.
2. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Kolisnichenko, T., Omelchenko, O., Nykyforov, R. Study of the new method to intensify the process of extraction of beet pulp. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 4(11–94), 15–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140126>.
3. Deynichenko, G., Dmytrevskyi, D., Guzenko, V., Omelchenko, O., Perekrst, V. Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ*; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – Вип. 13, том 2. С. 1-11. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-12>.
4. Deynichenko, G., Dmytrevskyi, D., Honchar, D., Chervonyi, V., Horielkov D. Review and analysis of membrane juice processing in food industry enterprises. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ*; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 2. С. 148-156. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-2-18>.
5. David Durán-Aranguren, D., Juliana Alméjiga Ramírez, C., Catalina Villabona Díaz, L., Ayalde Valderrama, M., & Sierra, R. Production of Pectin from Citrus Residues: Process Alternatives and Insights on Its Integration under the Biorefinery Concept. *Pectins - The New-Old Polysaccharides*. IntechOpen, 2022, <https://doi.org/10.5772/intechopen.100153>.
6. Deynichenko, G., Dmytrevskyi, D., Guzenko, V., Omelchenko, O., Perekrst, V. Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids. *Scientific bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, 2023. Vol. 13, № 2. С. 1-11. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-12>.

УДК 62: 637.5.03

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ КУТТЕРУВАННЯ НА ВОДОЗВ'ЯЗУВАЛЬНУ ЗДАТІСТЬ ФАРШУ

Шаруда Д.А. магістр,
Гурський П.В. к.т.н., проф., Іващенко С.Г. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є встановлення впливу швидкості куттерування на водозв'язувальну здатність м'ясного фаршу для виробництва ковбас. Встановлено, що при збільшенні частоти обертання ножового валу в межах 24...28 с-1 водозв'язувальна здатність м'ясного фаршу зростає на 10...15%,.

Особливістю обробки м'яса в куттері є поєднання процесів інтенсивного різання й перемішування фаршу, що перебуває в чаші. При цьому в процесі куттерування значно збільшується поверхня контакту білків м'язової тканини й води, що дозволяє найбільшою мірою, у порівнянні з іншими подрібнювачами, використовувати природню водозв'язувальну здатність (ВЗЗ) м'ясної сировини. Відомо, що ВЗЗ є однією з важливих властивостей фаршу. Від здатності зв'язувати воду залежать такі властивості як соковитість, ніжність, втрати маси при тепловій обробці та якість готових виробів [1].

При недостатці вологи в рецептурі ковбаса виходить несоковитою із грубою консистенцією. При надлишку вологи вона відділяється в процесі термічної обробки з утворенням бульонно-жирових набряків.

Для одержання продукту високої якості з максимальним виходом при подальшій термічній обробці на водозв'язувальну здатність фаршу під час куттерування мають значний вплив швидкість обертання ножів та тривалість подрібнення (рис.1) [2].

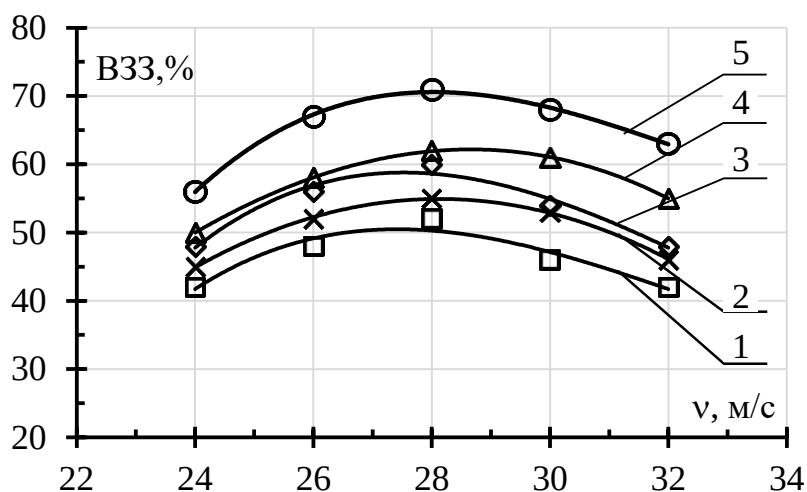


Рис. 1 Залежність водозв'язувальної здатності фаршу від швидкості обертання куттерних ножів за тривалості куттерування 1-240с, 2-300с, 3-360с, 4-420с, 5-480с

В результаті експериментальних досліджень (рис.1) доведено, що при збільшенні частоти обертання ножового валу в межах 24...28 с-1 ВЗЗ м'ясного фаршу зростає на 10...15%, а при подальшому збільшенні частоти обертання ножового валу в межах 28...32 с-1 ВЗЗ м'ясного фаршу зменшується на 8...10%, що пояснюється закінченням утворення первинної структури фаршу. При подальшому куттеруванні збільшується число дрібних часток, відбувається аерація фаршу й емульгування жиру, що веде до вторинного структуроутворення та до зменшення величини водозв'язувальної здатності [3].

Встановлено (рис.1), що м'ясо зв'язує до 30% вологи від його маси, при цьому збільшення тривалості куттерування від 240 с до 480 с забезпечує зростання ВЗЗ від 50% до 71,2%, що пояснюється періодами куттерування.

У перший період куттерування відбувається інтенсивне розрізування часток, їх загальна поверхня збільшується, при цьому, волога з вільної до 50% переходить у поверхнево-зв'язану. У наступний період відбувається емульгування рецептурних компонентів фаршу, при цьому величина водозв'язувальної здатності зростає й досягає максимуму (71,2%), тобто втрати вологи при подальшій термообробці будуть до мінімальними[4].

Список використаних джерел

- 1 Промислові технології переробки м'яса, молока та риби: Підручник/ Перцевий Ф.В., Терешкін О.Г., Гурський П.В., Янчева М.О. та ін. - ІНК ОС. – Київ. – 2014. – 340 с.
2. Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв./ Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А. та ін. Навчальний посібник. – Харків: «Міськдрук», 2014. – 254 с.
3. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових виробництв: Навчальний посібник/ Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомолів В.П. - ХНТУСГ. – Харків: Еспада. – 2005. – 432 с.
4. Дослідження впливу приросту температури фаршу на тривалість куттерування м'яса [Текст] / І. О. Щепілов, П. В. Гурський // Технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., Держ. біотехнол. ун-т, 21-22 трав. 2025 р. - Харків : ДБТУ, 2025. - С. 442-444.

УДК 663.911.1:664.84:621.365

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ ОБРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В СУЧАСНИХ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

**Михайлов В.М., д.т.н., проф., Шевченко А.О., к.т.н., доц.,
Прасол С.В., к.т.н., доц., Мальцева А.Є., магістрант**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Виконано аналіз застосування обладнання для електрофізичної обробки рослинної сировини, зокрема в полі надвисоких частот та електроконтактним нагріванням. Розроблене обладнання забезпечує інтенсифікацію процесів сушіння,

концентрування та жаріння зі скороченням енерговитрат. Експериментально доведено ефективність обладнання, що проявляється у зниженні тривалості обробки та поліпшенні якості продукції.

Серед низки актуальних задач під час переробки харчової рослинної сировини слід виділити зниження витрат енергії, матеріалів та часу виробництва. Теплові, гідротермічні, тепломасообмінні процеси, такі як жаріння, сушіння, концентрування відносяться до найбільш енерговитратних. Відповідні технології потребують оптимізації та вдосконалення, зокрема в контексті використання комбінованих методів, які поєднують традиційні та нетрадиційні підходи, такі як електрофізичні методи [1].

З урахуванням енергоефективності та можливості збереження харчових речовин, обладнання для електрофізичної обробки є перспективним видом технологічного оснащення сучасних харчових технологій. Зокрема, таке обладнання базуються на використанні електромагнітного поля надвисоких частот (НВЧ) та електроконтактного нагрівання (ЕКН). Однак, режими роботи цього обладнання ще не достатньо вивчені для його раціонального застосування. Відсутні систематизовані дані про теплофізичні, діелектричні, електрофізичні та інших властивості складних харчових систем, які є основою рецептур для харчової продукції на основі рослинної сировини. Зазначене ускладнює впровадження такого обладнання та потребує проведення системних теоретичних та експериментальних досліджень [2].

Отримання відповідних комплексів даних для переробки харчової рослинної сировини вимагає впровадження технічних засобів для проведення експериментальних досліджень. Це передбачає розробку сучасних лабораторних установок, які ґрунтуються на інноваційних технічних рішеннях, а також пристроїв для реалізації прогресивних технологій.

Електрофізичні методи передбачають використання різних типів електричних полів: постійного, яке поділяється на однорідне та неоднорідне; змінного та перехресного (електричне та магнітне). Відповідне обладнання працює на принципах електрофізики, де електрична енергія використовується без проміжних перетворень як самостійний інструмент впливу на структуру та властивості рослинної сировини. Кожен тип поля має унікальний механізм дії: постійне поле викликає орієнтацію заряджених частинок, змінне поле генерує діелектричний нагрів, а перехресне поле забезпечує синергетичний ефект від комбінованої дії електричної та магнітної складових. Цей напрямок відомий як електронно-іонні технології [2-4].

Електронно-іонні технології вивчають явища, пов'язані з утворенням електричних зарядів та їх рухом в електричних та електромагнітних полях. Їх основні переваги полягають у тому, що більшість харчової сировини піддається впливу сил електричних полів; електрична енергія безпосередньо впливає на продукт, або електропровідне середовище; ці процеси безперервні тощо [2, 5].

Низькі частоти електричних та електромагнітних полів використовуються для впливу на речовину безпосередньо електричним струмом. У діапазонах

високих частот, таких як ВЧ та НВЧ, впливають на речовину найчастіше шляхом поляризаційних механізмів.

Обладнання для впливу на об'єкт може бути безконтактним або контактним. Безконтактне обладнання характеризується впливом електричного струму на продукти без використання електродів, тобто об'ємним методом (обробка в електростатичному полі, ВЧ, НВЧ та ІЧ-нагрівання). До обладнання із контактним впливом належать пристрої з ЕКН [5, 10].

Термолабільна харчова рослинна сировина, зокрема, пряні овочі, є джерелом цінних речовин. Зміни у цій сировині під час концентрування та сушіння супроводжуються додатковими втратами ароматичних та смакових властивостей, що не дозволяє під час виробництва харчової продукції повною мірою використати природний потенціал цієї сировини, зокрема як смаковий та ароматичний компонент. Із позиції енергоефективності та забезпечення високого рівня збереженості харчових речовин доцільним є застосування обладнання для мікрохвильової вакуумної обробки, що здійснюється в електромагнітному полі надвисоких частот (НВЧ-полі) [1, 2].

Інтенсифікація технологічних процесів, зокрема жарення, можлива із застосуванням обладнання для специфічного теплового впливу за рахунок ЕКН. І в першому, і в другому випадку спостерігається скорочення тривалості процесів, легко змінюються режими тощо. Слід зауважити, що за умов ЕКН утворюється внутрішня енергія у продукті за всім його об'ємом та спостерігається зменшення енерговитрат. Фізика процесу ЕКН полягає у пропусканні електричного струму через напівфабрикат або провідне середовище. Важливим параметром обладнання для ЕКН, що визначає якість процесу, є частота змінного струму, що у більшості випадків дорівнює промисловій 50 Гц [2]. У роботах [1-4] проаналізовано джерела літератури щодо застосування обладнання для електрофізичної обробки, зокрема виконано порівняння розробок із закордонними аналогами. Слід зауважити, що закордонний досвід науковців у цій сфері свідчить про перспективність такого обладнання.

Таким чином, актуальними є науково-прикладні завдання, пов'язані із дослідженнями, розробкою та впровадженням обладнання для електрофізичної обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях для інтенсифікації процесів, зниження енерговитрат тощо.

Метою роботи є аналіз застосування обладнання для забезпечення електрофізичної обробки рослинної сировини в сучасних харчових технологіях. Дослідження проводились на основі вивчення та систематизації даних власних досліджень та розробок, а також інших фахівців із застосування обладнання для електрофізичної обробки харчової рослинної сировини.

Для вивчення НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння харчової рослинної сировини за умов вакуумування з перемішуванням розроблено установку, що складається з НВЧ-печі, у робочій камері якої розташована робоча ємність. У верхній частині закріплено мішалку. На боковій поверхні НВЧ-печі закріплено трубопровід для відводу конденсату. У трубопроводі розташовано

мановакууметр та конденсатовідводчик. Вакуум підтримується за допомогою вакуумного насоса. У верхній частині також розташовані електропривод з тахометром. Із застосуванням цієї установки визначалась тривалість НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за одночасного перемішування. Визначено ефект скорочення тривалості процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. Для діапазону вакуумування 40...50 кПа ефект скорочення тривалості процесів знаходиться в таких межах: під час НВЧ-концентрування – 30...37 % для суміші подрібнених коренів та 28...32 % для суміші подрібненої зелені, а під час НВЧ-сушіння, відповідно, 25...29 та 22...26 %. На підставі цих досліджень розроблено установку для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування [6].

Наступні розроблені установки призначені для вивчення ЕКН. Одна із цих установок дозволяє здійснювати ЕКН різним за типом, формою та частотою електричного струму в трьох режимах. У першому режимі здійснюється ЕКН постійним струмом. У другому режимі – ЕКН змінним струмом прямокутної форми. У третьому режимі – ЕКН змінним струмом синусоїдальної форми з частотою 50 Гц. На установці проведено низку досліджень. Зокрема щодо зміни температури зразків із фаршевих мас на основі рослинної сировини під час їх обробки методом ЕКН. За умов ЕКН зразків із січеної маси відзначається суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка, що є перевагою порівняно з традиційними способами нагрівання.

Інша установка з ЕКН призначена для комбінованого жарення. У її верхній частині закріплено ГЧ-нагрівач. Під час закривання корпус утворює середовище для розміщення напівфабрикату, бічні стінки якого контактують з електродами для підведення електричного струму від силового випрямляча із заданою частотою. Поверхнєве нагрівання забезпечується за рахунок розташованого в нижній частині корпусу нагрівача у вигляді ТЕНу. Для визначення температури в середині продукту під час нагрівання використовується датчик температури, підключений через послідовний порт до комп'ютера. Дослідженню на цій установці підлягали зразки із січеної маси. Як контрольні використовували зразки, що підлягали двобічному смаженню від нагрівальних поверхонь. Як дослідні – зразки, що смажили комбінованим способом з ЕКН змінним електричним струмом прямокутної форми з частотою 50 Гц та напругою 40 В. При цьому більш інтенсивне нагрівання спостерігалось при комбінованому жаренні з ЕКН. На підставі проведених досліджень розроблено пристрій теплової обробки харчових продуктів ПТО-0,1 [7], що може застосовуватись для смаження та запікання різноманітних запіканок, рулетів, пудингів тощо.

Висновок

Методи обробки харчової рослинної сировини, що реалізують процеси жарення, сушіння, концентрування є енерговитратними та потребують оптимізації та вдосконалення, зокрема в контексті використання комбінованих методів, які поєднують традиційні та нетрадиційні підходи, такі як електрофізичні методи надвисокочастотної (НВЧ) обробки та електроконтактне нагрівання (ЕКН). Було

розроблено обладнання для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування, до основних переваг якого відноситься скорочення тривалості досліджуваних процесів, що виникає внаслідок здійснення перемішування сировини під час НВЧ-обробки. Розроблено обладнання для вивчення процесів жарення з ЕКН, яке дозволяє здійснювати процеси різним за типом, формою та частотою електричного струму; а також установку для комбінованого жарення. Відзначається суттєве зменшення нерівномірності температурного поля за об'ємом зразка порівняно з традиційними способами нагрівання. На підставі проведених досліджень розроблено багатофункціональний пристрій теплової обробки харчових продуктів ПТО-0,1.

Список використаних джерел

1. Застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях / А.О. Шевченко [та ін.] // Вісник Уманського національного університету садівництва. Видавничий дім "Тельветика". Вип. 1 (2024). С. 82–88. URL : <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-82-88>.
2. Інноваційні технології оздоровчих харчових продуктів на основі рослинної сировини та обладнання для їх реалізації : монографія в 3 ч. Ч. 3. Технології виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини та їх апаратурне оформлення / О.І. Черевко [та ін.]. Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2021. 172 с.
3. Використання фізичних методів у технологічних процесах харчових виробництв / А. Мехеда [та ін.] // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 84 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 23-24 квітня 2018 р. Київ : НУХТ, 2018. Ч. 2. С. 397.
4. Технологічні особливості електроконтактних методів обробки харчових продуктів / О.І. Черевко [та ін.] // 36. наук. праць «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі». Харків : ХДУХТ, 2010. Вип. 2 (12). С. 124–128.
5. Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating. A. Shevchenko [and oth.] // Eastern-European Journal of Enterprise Techno-logies. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 16-23.
6. Установка для концентрування (сушіння) харчових систем з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування : пат. 57028 Україна : МПК А 23 L 1/025. № 201008088 ; заявл. 29.06.2010; опубл. 10.02.2011; Бюл. № 3. 4 с.
7. Багатофункційний пристрій теплової обробки харчових продуктів : пат. 37175 Україна : МПК А 23 L 1/025, А 47J 37/00. № 200804522; заявл. 09.04.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.

УДК 631.362

ДО ПИТАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ РОБОЧОГО ОРГАНУ СЕПАРАТОРА

Богомолів О.В., д.т.н., проф., Завгородній О.І., д.т.н., проф., Богомолів О.О., аспірант, Бойко Є.В., аспірант, Богомол Д.С., студент, Макарова Н.О., студентка.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Наведені результати порівняльних розрахунків тривалості руху зерна по робочих органах сепаратора з плоскою та ламаною поверхнями.

Для сепарації зерна використовуються гравітаційні плоскі поверхні виконані у вигляді решета або подовжніх прутків або струн. Сепарацію зерна на таких поверхнях можна проводити без витрат енергії на процес сепарації, що є особливо актуальним у нинішній час [1, 2]. Відомо, що чим більше зерно знаходиться на робочому органі сепаратора, тим більше вірогідність просіювання дрібних частинок, як правило це домішки або насіння бур'янів, і таким чином краща якість сепарації. Якщо ж зерно засмічене великими домішками і йде проходом скрізь решето, то як правило збільшується його вихід, бо воно не втрачається у відходи.

Якщо ж проводять сортування насіння, то для підвищення продуктивності бажано щоб час знаходження зерна на робочому органі був менший.

Розрахуємо тривалість знаходження зерна на плоскому та ламаному решетах, схема яких та схема дії на зерно сил зображені на рис. 1.

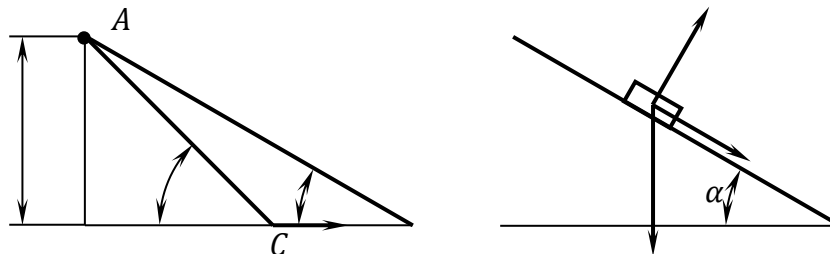


Рис. 1. Розрахункові схеми: а) плоского та ламаного решіт, в) дії сил на зерно.

Приймаємо зерно D (рис. 1.в) за матеріальну точку, яка ковзає без тертя по похилій площині АВ під кутом 30° до горизонту і проходить шлях АВ за час t_1 .

Змінимо конфігурацію решета на ламану у вигляді АСВ, в якому спочатку зерно ковзає по площині АС, похиленій під кутом 45° до горизонту, а потім по горизонтальній площині СВ, при цьому воно проходить шлях АСВ за час t_2 . Вважаємо, що зерно в обох випадках починає рух з точки А без початкової швидкості і знайдемо відношення між t_1 та t_2 .

Напишемо диференціальне рівняння руху зерна:

$$m \ddot{x} = mg \sin \alpha$$

Диференціюючи отримуємо:

$$\dot{x} = gt \sin \alpha + C_1$$

$$x = g \frac{t^2}{2} \sin \alpha + C_1 t + C_2$$

Знаходимо постійні інтегрування з умов: $x = 0$; $\dot{x} = 0$; при $t = 0$.

$$C_1 = 0; C_2 = 0$$

Отже:

$$\dot{x} = gt \sin \alpha$$

$$x = g \frac{t^2}{2} \sin \alpha$$

Визначаємо час руху зерна по лінії АВ:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2x}{g \sin \alpha}} = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{1}{\sin 30^\circ} \cdot \sqrt{\frac{2h}{9,8}} = 0,904\sqrt{h};$$

Час руху по лінії АС:

$$t' = \frac{1}{\sin 45^\circ} \cdot \sqrt{\frac{2h}{9,8}} = 0,639\sqrt{h};$$

Час руху по лінії СВ:

$$t'' = \frac{CB}{V};$$

$$CB = h(\operatorname{ctg} 30^\circ - \operatorname{ctg} 45^\circ) = 0,732h;$$

$$V = \frac{V_c}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{2gh}{2}} = \sqrt{gh} = 3,13\sqrt{h};$$

$$t'' = \frac{0,732h}{3,13\sqrt{h}} = 0,234\sqrt{h};$$

Час руху по ламаній АСВ:

$$t_2 = t' + t'' = 0,639\sqrt{h} + 0,234\sqrt{h} = 0,873\sqrt{h};$$

Шукане відношення дорівнює:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{0,873\sqrt{h}}{0,904\sqrt{h}} = 0,966$$

Таким чином отримуємо, що час t_1 знаходження зерна на ламаному решеті менший ніж на плоскому і таке решето можна рекомендувати, як сортувальне. Тим більше, що шлях АСВ, який зерно проходить по робочому органу більший, а значить і кращі його сортувальні здатності.

Висновок

Для очищення зерна від домішок рекомендовано використовувати традиційні плоскі решета, або робочі органи виконаної з подовжніх прутків або струн, а для сортування зерна можна використовувати ламані решета, які складаються з похилої та горизонтальної поверхонь.

Список використаних джерел

1. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшенням біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В. та ін. – Харків: Діса+, 2023. – 408с.

2. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей (научное обоснование энергосберегающих процессов и оборудования): монография / А. В. Богомоллов; ХНТУСГ. - Х. : [б. и.], 2013. - 296 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 262-288.

УДК 631.362

ДО ПИТАННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ КОВЗАННЯМ

**Богомоллов О.В., д.т.н., проф., Михайлов Б.В., викладач, Панов В.О.,
аспірант, Гаджисєв Є.З. огли, магістр, Осіпова Л.В., магістр,
Мирошніченко М. П., студент.**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Наведені результати визначення кута дії сили на вантаж, що тягнуть по горизонтальній площині волочінням з ковзанням, при якому сила сягає найменшого значення.

Для переміщення штучних вантажів по горизонтальній площині волочінням з ковзанням в умовах відсутності їх підйому транспортні засоби необхідним стає визначення мінімальної сили P що рухає. Вочевидь ця сила залежить від кута її нахилу до горизонту так коефіцієнта тертя f вантажа об підлогу, як правило – це піддони з дерева коефіцієнт тертя якого об горизонтальну поверхню складає зазвичай 0,3 [1, 2]. Тож для вирішення цієї задачі необхідно знайти кут β нахилу сили P до горизонту, при якому вона досягає найменшого значення. Розрахункова схема представлена на рис. 1.

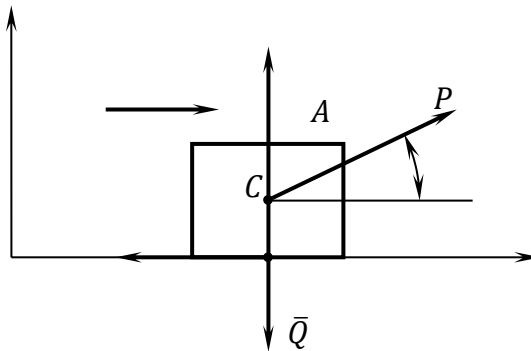


Рис. 1. Розрахункова схема волочіння вантажу.

На схемі позначено:

Q – вага вантажу

F – сила тертя вантажа об підлогу

N – сила нормального опору

При рівномірному русі вантажні рівняння рівноваги запишуться так

$$\sum F_x = P \cos \beta - F = 0$$

$$\sum F_y = P \sin \beta + N - Q = 0$$

Враховуючи, що $F = fN$ отримаємо:

$$F = f(Q - P \sin \beta)$$

$$\text{Тоді: } P \cos \beta + f(P \sin \beta - Q) = 0$$

$$\text{Відкіля: } P = \frac{fQ}{\cos \beta + f \sin \beta} = \frac{Q \operatorname{tg} \varphi}{\cos \beta + \operatorname{tg} \varphi \sin \beta} = \frac{Q \sin \beta}{\cos(\beta - \varphi)};$$

де $\varphi = \operatorname{arctg} f$ – кут тертя

Кут β , при якому $P = P_{\min}$

Знаходимо з умови:

$$P'_\beta = 0$$

$$\frac{Q \sin(\beta - \varphi) \sin \varphi}{\cos^2(\beta - \varphi)} = 0$$

$$\beta = \varphi = \operatorname{arctg} 0,3 = 16,7^\circ$$

Тобто кут нахилу мінімальної сили, що рухає вантаж волочінням, при коефіцієнті тертя 0,3 становить $16,7^\circ$.

Висновок

Таким чином встановлено, що при коефіцієнті тертя 0,3 вантажу об горизонтальну поверхню кут нахилу мінімальної сили, що рухає вантаж волочінням становить $16,7^\circ$.

Список використаних джерел

1. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшенням біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В. та ін. – Харків: Діса+, 2023. – 408с.
2. Пат. 158222 Україна МПК G01№19/02. Прилад для визначення коефіцієнтів тертя сипких матеріалів. О.В.Богомолів, В.М.Михайлов, О.О.Богомолів та ін. № 202401911. Заява 11.04.2024; Опубл. 19.02.202. – 4с.

УДК 631.362

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА НАХИЛУ СТРІЧКОВОГО ЕЛЕВАТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МІШКІВ З ЗЕРНОМ АБО БОРОШНОМ

Богомолів О.В. О., д.т.н., проф., Завгородній О.І., д.т.н., проф., Бойко Є.В., аспірант, Панов В.О., аспірант, Бібленко О.С., магістр, Замковенко В.С., студент.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Обґрунтовано та визначено максимально можливий кут нахилу стрічкового елеватора для транспортування мішків з зерном або борошном на елеваторах, млинах та складських приміщеннях.

На елеваторах, млинах та складських приміщеннях виконується багато робіт пов'язаних з переміщенням зерна або інших продуктів у мішках або вниз, або нагору. Для транспортування мішків вниз, як правило застосовують так звані склизи- жолоби [1].

При транспортуванні нагору використовують або ліфти, або частіше стрічкові елеватори.

В роботі поставлена задача визначити кут нахилу φ стрічкового елеватора для транспортування мішків зі звичайної мішківини з зерном або борошном. Статичний коефіцієнт тертя мішківини об стрічку елеватора дорівнює $f \approx 0,6$. [2].

Для транспортування мішків стрічкового елеватора достатньо, щоб мішки не ковзали по її поверхні.

Розрахункова схема для визначення кута нахилу елеватора представлена на рис. 1.

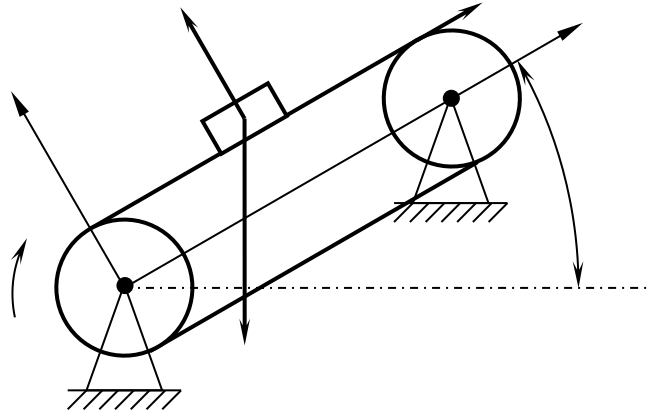


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення кута нахилу з стрічкового елеватора.

На рис. 1 позначено:

G – сила ваги мішка,

F – сила тертя,

N – сила нормального опору.

За відсутності ковзання рівняння рівноваги між стрічці має вигляд:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= F - G \sin \varphi = 0 \\ \sum F_y &= N - G \cos \varphi = 0, \end{aligned} \quad [1]$$

де: $F < f \cdot N$

Підставимо в рівняння рівноваги максимальне значення сили F та виключимо N , в результаті отримаємо:

$$fG \cos \varphi - G \sin \varphi = 0. \quad [2]$$

З [2] знаходимо максимально можливий кут транспортування мішків стрічковим елеватором

$$\varphi = \arctg f = \arctg 0,6 = 30,58^\circ$$

Висновок

Таким чином максимально можливий кут транспортування мішків з зерном або борошном стрічковим елеватором дорівнює $30,58^\circ$, а робоча величина повинна бути меншою, бо невеличкі коливання транспортера елеватора при роботі можуть сприяти ковзанню мішків по стрічці.

Список використаних джерел

1. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшенням біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В. та ін. – Харків: Діса+, 2023. – 408с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів [Електронний ресурс]: практикум / Ю.О.Манчинський, М.В.Бакум, В.І.Пастухов та ін. 2-е вид., перероб і доп. – Харків: 2010. – 224с.

УДК 631.362

ВИЗНАЧЕННЯ КУТА КИДАННЯ ЗЕРНА ЗЕРНОПУЛЬТОМ НА МАКСИМАЛЬНУ ДАЛЬНІСТЬ

Богомолів О.В., д.т.н., проф., Михайлов В.М., д.т.н., проф., Богомолів О.О., аспірант, Бочарніков І.О., аспірант, Скляр Р.С., магістр, Світлична В.Г., студентка.

Державний біотехнологічний університет

Анотація. Обґрунтовано та визначено кут кидання зерна зернопультотом на максимальну дальність.

На токах та складських приміщеннях невеликих фермерських господарств для переміщення зерна та його активного вентилявання застосовують зернопультоти різних конструкцій [1,2]. Кількість перекидань зерна з купи до купи на певну відстань залежить від дальності польоту зерна після викидання його з зернопультоту і при початковій швидкості V_0 залежить від кута викидання зерна зернопультотом та опору повітря. Опором повітря нехтуємо.

Для визначення кута α відкидання зерна, тобто кута нахилу початкової швидкості V_0 до горизонту, при якому дальність S польоту зерна буде максимальною, скористаємось схемою зображеною на рис. 1.

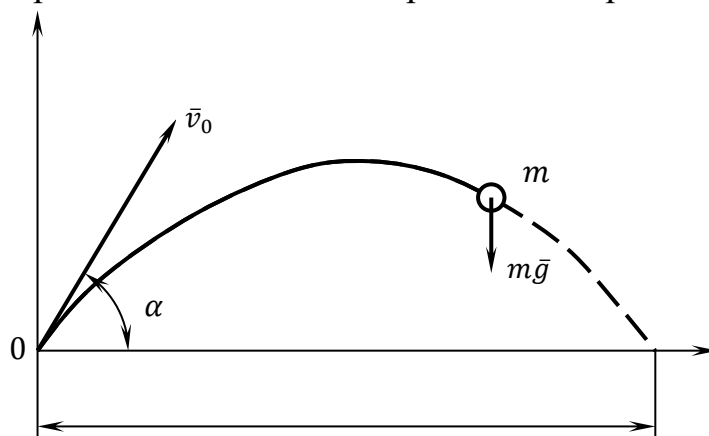


Рис. 1. Розрахункова схема визначення кута кидання зерна на максимальну дальність.

Диференціальні рівняння руху зерна мають вигляд:

$$\ddot{y} = -g$$

$$\ddot{x} = 0$$

Після диференціювання отримуємо:

$$\dot{y} = -gt + C_1; \dot{x} = C_2$$

$$y = -g \frac{t^2}{2} + C_1 t + C_3; x = C_2 t + C_4$$

Знаходимо постійні з умов:

$$x = 0; y = 0; \dot{x} = V_0 \cos \alpha; \dot{y} = V_0 \sin \alpha$$

при $t = 0$

$$C_1 = V_0 \sin \alpha; C_2 = V_0 \cos \alpha; C_3 = 0; C_4 = 0$$

після чого:

$$x = V_0 t \cos \alpha;$$

$$y = -g \frac{t^2}{2} + V_0 t \sin \alpha$$

Визначимо час падіння зерна, як не нульове рішення рівняння:

$$V_0 t_n \sin \alpha - g \frac{t_n^2}{2} = 0$$

$$t_n = \frac{2V_0}{g} \sin \alpha$$

Дальність польоту зерна дорівнює:

$$S = V_0 t_n \cos \alpha = \frac{2V_0}{g} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

тобто

$$S = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

З цією формули видно, що максимальна дальність польоту є при $\sin 2\alpha = 1$.
Таким чином максимальний кут

$$\alpha = \frac{\pi}{4}; \text{ або } 22,5^\circ$$

Відомо, що дальність польоту можна збільшити або зменшити при усіх інших рівних умовах використавши ефект Магнуса [2].

Висновок

В результаті розрахунків визначено шуканий кут кидання зерна зернопультом на максимальну дальність. Він дорівнює – $22,5^\circ$.

Список використаних джерел

1. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшенням біологічним потенціалом: монографія / Бредихін В.В., Богомолів О.В., Сліпченко М.В. та ін. – Харків: Діса+, 2023. – 408с.

2. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей (научное обоснование энергосберегающих процессов и оборудования): монография / А. В. Богомолов; ХНТУСГ. - Х. : [б. и.], 2013. - 296 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 262-288.

УДК 664.013

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ ПЕРФОРАЦІЙНИХ ОТВОРІВ У СІТЦІ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Зінченко С.П. магістр, Дудник В.В. к.т.н., доцент

Полтавський державний аграрний університет

Метою дослідження є оптимізація розташування отворів у перфорованій решітці для зменшення пульсацій різальних зусиль та підвищення ефективності подрібнення м'ясної сировини.

Подрібнення м'ясної сировини є важливим етапом технологічного процесу в м'ясопереробній промисловості. Відомо, що ефективність цього процесу значною мірою залежить від конструкції решіток, які виконують роль робочих елементів у подрібнюючих машинах (вовчках) [1].

Відома решітка, виконана у вигляді диска постійного розміру з плоскою робочою перфорованою поверхнею, з центральним посадковим отвором і з круглими отворами перфорації, розташованими в рядках на концентричних кільцях, робоча поверхня диска умовно ділиться на концентричні кільця, круглі отвори перфорації розташовані на центральному радіусі умовних кіл, зовнішній радіус диска дорівнює зовнішньому радіусу останнього, підрахунок від осі диска умовного кільця, кількість круглих отворів перфорації в умовних кільцях дорівнює одній з чисел серії Фібоначчі [2].

Недоліком такої решітки є невідповідність місця розташування круглих отворів перфорації (по відношенню один до одного і по відношенню до різучої кромки), розташованих на центральному рівні умовних кілець, що одночасно змінює кількість одночасно створюваних порізів «т» в зоні отвору.

Технічне завдання полягає у скороченні пульсації зусиль різання.

З метою зниження енергоефективності процесу подрібнення і збільшення ресурсу роботи вовчка за рахунок зменшення пульсації різучих зусиль, в сітці, що виробляється у вигляді диска постійної товщини з плоскою робочою перфорованою поверхнею, з центральним посадочним отвором і з круглим отвором перфорації, розташованих рядами по концентричних колах, полярний кут розташування центру перфорації отвору визначається за формулою (початкове положення отворів) [3]:

$$\varphi_n = \ln\left(\frac{r_{n+1}}{r_n}\right) tg\beta_{n\text{cp}} + 2n\left(\frac{r_n}{r_1}\right) \arcsin\left(\frac{d_p}{4r_n}\right). \quad (1)$$

Координати подальших отворів:

$$\varphi_n = \ln\left(\frac{r_{n+1}}{r_n}\right) \operatorname{tg} \beta_{n \text{ ср}} + 2n\left(\frac{r_n}{r_1}\right) \arcsin\left(\frac{d_p}{4r_n}\right) + \Delta\varphi, \quad (2)$$

$$\Delta\varphi = 8n \arcsin\left(\frac{d_p}{4r_n}\right). \quad (3)$$

Таке розміщення отворів (рис. 1) перфорації зменшує кількість порізів, виконаних одночасно і, відповідно, максимальний момент від зусиль різання. Це зменшує пульсацію ріжучих зусиль і, як наслідок, зменшує максимальне енергоспоживання і вібрації обладнання.

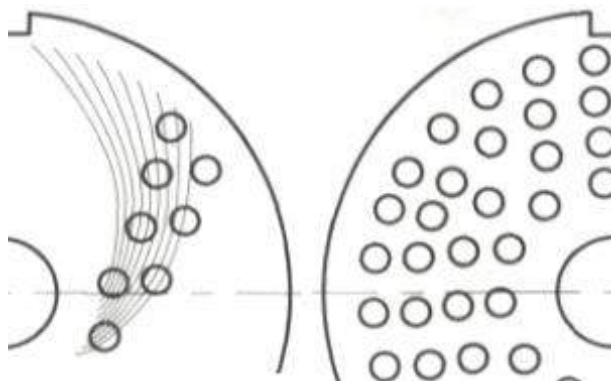


Рис. 1. Решітка з новим розміщенням отворів

Висновки

Запропонована конструкція решітки за новим законом розташування отворів дозволяє рівномірно розподілити ріжучі зусилля по робочій поверхні диска.

Використання полярного кута розташування отворів за формулами зменшує кількість одночасних порізів, що знижує пульсацію моменту від різальних зусиль.

Оптимізоване розташування отворів сприяє зменшенню максимального енергоспоживання та зниженню вібрацій обладнання під час роботи. Запропонована решітка забезпечує підвищення ресурсу роботи вовчка та покращує енергоефективність процесу подрібнення м'ясної сировини.

Список використаних джерел

1. Кравець О. І., Куц В. П. Методичний посібник до виконання лабораторних робіт з курсу «Процеси та апарати харчових виробництв»: методичний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021. 89 с.
2. Чайкіна Т. Геометрія зображення дійсних чисел, представлених класичною послідовністю Фібоначчі. *Фізико-математична освіта: зб. наук. праць*. Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2015. Вип. 1(7). С. 104-112.
3. Батраченко О.В. Науково-практичні основи вдосконалення машин для подрібнення м'ясної сировини: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12. Харків, 2021. 574 с.

УДК 664.8.037:664.951.2

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА НАТУРАЛЬНОГО КЕТЧУПУ

**Барикін С.А., магістр, Шерстюк Є.В., бакалавр Черевко О.І., д-р техн.
наук, проф. Загорулько О.Є., канд. техн. наук, доц.**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Останніми роками в Україні спостерігається суттєве зростання попиту на натуральні соуси вітчизняного виробництва. За даними аналітичних агентств, у 2024 році обсяг внутрішнього ринку соусів зріс на 12%, а частка натуральних кетчупів у загальному обсязі продажів перевищила 38%. Кетчуп є одним із найбільш затребуваних продуктів серед споживачів завдяки своїй поживності, смаковим якостям та універсальності використання у побуті та закладах громадського харчування.

Основними завданнями розвитку вітчизняної консервної промисловості залишаються: підвищення якості готової продукції, розширення асортименту, механізація та автоматизація процесів. Зокрема, використання сучасного технологічного обладнання дає змогу зменшити частку ручної праці на 25–30%, підвищити продуктивність ліній на 40% і покращити стабільність якості продукції.

Удосконалена лінія виробництва кетчупу передбачає випускати кетчуп «екстра-класу», в якому вміст томатної пасти становитиме не менше 40%, а сумарна масова частка сухих речовин (лук, імбир, мелений перець, часник тощо) не менше 27%. Для виробництва планується використовувати тільки свіжі натуральні помідори, зібрані в Херсонській області, де середній вміст сухих речовин у плодах становить 5,2...5,5%, а вміст цукрів 3,8...4,2%.

Харчова цінність кетчупу визначається вмістом функціонально-фізіологічно активних компонентів. Зокрема, у 100 г кетчупу міститься в середньому 12...15 мг вітаміну С, 1,2 мг β -каротину, 1,5 г органічних кислот (яблучна, лимонна, фолієва) та до 0,8 г клітковини. Помідори також є джерелом лікопіну – природного антиоксиданту, концентрація якого у кетчупі після термічної обробки може досягати 10...15 мг/100 г продукту, що на 30% більше, ніж у свіжих плодах, завдяки його підвищеній біодоступності після нагрівання.

Під час традиційної технологічної обробки, через використання жорстких температурних режимів (90...95 °С), втрати біологічно активних речовин можуть сягати 35...40%. Тому актуальним є впровадження технологій, які дозволяють мінімізувати термічні втрати та зберегти натуральну структуру продукту.

Одним із перспективних напрямів є використання швидкодіючого плівкового концентратора для термолабільних продуктів. Ці апарати дозволяють зменшити тривалість термічної обробки з 45 хвилин (у вакуум-випарних апаратах періодичної дії) до 20...30 секунд при температурі 60...70 °С.

Основна стадія виробництва кетчупу – випарювання вологи з томатної маси до концентрації 18–19% сухих речовин. Застосування плівкового концентратора дає змогу не лише прискорити процес, а й знизити енергоспоживання на 25–30%, а також підвищити вихід готового продукту на 5–7%. Водночас забезпечується гомогенна дрібнодисперсна структура, що підвищує стабільність продукту під час зберігання (до 12 місяців без розшарування).

Удосконалений спосіб виробництва кетчупу із застосуванням плівкового концентратора дозволяє отримати продукт із високими сенсорними показниками, що відповідають вимогам до натуральних соусів преміум-класу. Завдяки скороченню часу термічної обробки до 20...30 секунд і зниженню температури процесу до 60...70 °С зберігається насичений червоний колір томатів, природний аромат свіжих овочів і прянощів, а також гармонійний смак із вираженою томатною кислинкою та легкою солодкістю. Однорідна, густа консистенція та відсутність розшарувань свідчать про стабільну структуру продукту. Завдяки оптимальній гомогенізації та збереженню вітамінів С і А, удосконалена технологія забезпечує не лише високу органолептичну якість, але й підвищену харчову та функціонально-фізіологічну цінність готового кетчупу.

Таким чином, впровадження інноваційних технологій концентрування у виробництві кетчупу дозволяє: суттєво скоротити тривалість обробки; знизити споживання пари та електроенергії до 0,5 кВт·год/кг продукту; підвищити біологічну цінність і смакові властивості кінцевого продукту; створити умови для повної автоматизації процесу та дистанційного контролю.

Застосування плівкового концентратора у виробництві кетчупів натурального походження відповідає сучасним тенденціям розвитку АПК – енергозбереженню, екологічності та випуску високоякісної функціональної продукції, орієнтованої на споживача, який дбає про здоров'я.

Список використаних джерел

1. В.М. Михайлов. Створення якісно нових плодоовочевих напівфабрикатів і кондитерських виробів на їх основі з оздоровчими властивостями. Михайлов В.М., Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Касабова К.Р., Гордієнко І.О. // Наукові праці НУХТ, Т.25, №5, 2019, стр. 162 – 172.
2. Патент на корисну модель № 108041 Україна, МПК H05B 3/36 (2006.01); B01D 1/22 (2006.01); G05D 23/19 (2006.01). Гнучкий плівковий резистивний електронагрівач випромінюючого типу / Загорулько А.М., Загорулько О.Є. (україна). - № u 2016 00827; Заявл. 02.02.2016; Опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. – 3 с.
3. Михайлов В. М., Загорулько О. Є., Загорулько А. М. Інтенсифікація процесів концентрування та ІЧ-сушіння рослинної сировини / Наукові праці Національного університету харчових технологій. – Т. 28, № 1 / Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2022. - С. 93-104.

УДК 664.8.037:66.047.1:681.5

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ РОТОРНОГО ПЛІВКОВОГО АПАРАТА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Черкасов В.Ю., магістр, Громов О.Є., аспірант; Загорулько О.Є., канд. техн. наук, доц. Загорулько А.М., канд. техн. наук, доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто вдосконалення конструкції роторного плівкового апарата (РПА) для дослідження техніки регулювання технологічних параметрів і автоматизації виробничих процесів у харчових виробництвах. Запропоновано експериментальну установку з покращеною системою електрообігріву та автоматизованим контролем параметрів, що забезпечує прийнятний тепловий режим для виробництва композицій високоякісних багатокомпонентних природних паст.

Концентрування продуктів є складним технологічним процесом, який поєднує перенесення тепла та маси, супроводжуючись зміною структурно-механічних властивостей вихідного продукту. Основним завданням сучасної техніки концентрування харчових продуктів є створення нових комбінованих методів, які дозволяють інтенсифікувати процес, зберігаючи високі якісні показники кінцевого продукту.

Процес концентрування широко використовується для підвищення концентрації речовини, зокрема з використанням тонких плівок. Завдяки малому термічному й дифузійному опору плівки (до 3 мм) відбувається інтенсифікація тепломасообміну та ефективно видалення вологи. У роторних плівкових апаратах (РПА) формування плівкового шару та його турбулізація здійснюються під дією лопатей ротора, що значно підвищує ефективність теплофізичних процесів.

РПА мають важливу особливість – здатність обробляти високов'язкі продукти (до 1000 Па·с) без утворення відкладень на стінках, завдяки великим градієнтам швидкості (500...5000 с⁻¹). Це дозволяє інтенсифікувати процес концентрування, зменшити температуру та тривалість випаровування. Підключення апарата до вакуумної лінії забезпечує можливість глибокого концентрування продукту (1:5...1:50) та відгін летких компонентів без перегріву.

Автоматизована експериментальна установка РПА, розроблена для досліджень, складається з моделі апарата, ротора з лопатями, електродвигуна з клинопасовою передачею, плівкового нагрівача, вакуумного насоса та конденсатора. Мікроконтролер Atmega-16PI реалізує регулювання потужності нагрівачів, частоти обертання ротора, контроль температури стінки апарата, вторинної пари та рідинних потоків.

Пульт управління РПА виконує функції:

- автоматичного керування контуром термостабілізації;
- ручного пуску електродвигунів і вакуумного насоса;

- захисту від перевантаження й короткого замикання;
- фазового регулювання швидкості обертання;
- індикації температури, тиску, частоти обертання та аварійних режимів.

У процесі концентрування фруктового пюре у роторному плівковому апараті від стабільності частоти обертання ротора залежить рівномірність формування тонкої плівки продукту на теплообмінній поверхні, а отже – інтенсивність тепломасообміну, рівномірність випаровування та якість кінцевого концентрату. Коливання частоти обертання призводять до порушення гідродинаміки плівкового шару, утворення застійних зон і локального перегріву продукту. Для забезпечення стабільної роботи апарата в системі автоматизованого керування доцільно застосовувати частотний регулятор Mitsubishi Electric, який забезпечує високоточне регулювання швидкості та моменту обертання ротора. Частотний перетворювач типу Mitsubishi серії FR-D700 або FR-E700 перетворює напругу живлення змінної частоти у керований сигнал із законом регулювання $U/f = \text{const}$ або векторним керуванням, що дозволяє плавно змінювати швидкість обертання двигуна, стабілізуючи її незалежно від зміни навантаження. Така система забезпечує плавний пуск і зупинку ротора, стабілізацію частоти обертання при зміні в'язкості пюре, програмування технологічних режимів і керування швидкістю у широкому діапазоні (50–2000 об/хв). У процесі концентрування структурно-механічні властивості фруктового пюре змінюються: підвищення в'язкості під час випаровування спричиняє зростання гідродинамічного опору, що впливає на навантаження електродвигуна. Використання частотного регулятора Mitsubishi з функцією автоматичної стабілізації моменту (torque boost) дозволяє підтримувати сталу швидкість обертання, незважаючи на зміни в'язкості середовища. Це забезпечує сталість товщини плівки на стінках апарата (близько 1,5–2,0 мм), рівномірний розподіл температури, запобігає утворенню пригару, підвищує ефективність тепломасоперенесення та скорочує тривалість випаровування. Частотний регулятор Mitsubishi легко інтегрується у мікроконтролерну систему керування апарата (Atmega-16PI) через інтерфейс Modbus RTU або аналоговий вхід, що дозволяє реалізувати автоматичний зворотний зв'язок за сигналом з датчика частоти обертання, корекцію швидкості відповідно до температури або ступеня вакууму в апараті, а також відображення параметрів на панелі індикації. Це створює можливість побудови адаптивної системи техніки регулювання технологічних параметрів процесу концентрування. Крім технологічних переваг, використання частотного перетворювача підвищує енергоефективність приводу: електродвигун споживає енергію пропорційно необхідному навантаженню, що дозволяє зменшити витрати електроенергії на 20–30 %. Регулятори Mitsubishi мають високий ККД, захист від перевантаження, короткого замикання й перегріву, а також стабілізують частоту при коливаннях напруги живлення. Таким чином, застосування частотного регулятора Mitsubishi у приводі ротора роторного плівкового апарата є науково обґрунтованим рішенням для стабілізації обертання під час концентрування фруктового пюре, що забезпечує високу

точність, енергоощадність, стабільність технологічного процесу та підвищення якості готового продукту.

Таким чином, розроблена автоматизована система регулювання параметрів РПА забезпечує стабільне теплове поле, підвищує ефективність процесу, скорочує час виходу апарата на робочий режим і сприяє енергоощадності.

Вдосконалена система обігріву та автоматизованого керування РПА забезпечує оптимальний температурний режим під час концентрування плодово-ягідних мас. Використання мікроконтролера для регулювання температури й швидкості обертання підвищує точність техніки регулювання та надійність процесу. РПА є перспективним напрямом розвитку енергоефективного обладнання харчових виробництв з можливістю інтенсифікації тепломасообміну без втрати якості кінцевого продукту.

Список використаних джерел

1. Zagorulko, A., Zahorulko, A., Kasabova, K., Chuiko, L., Yakovets, L., Pugach, A., Barabolia, O., & Lavruk, V. (2022). Improving the production technology of functional paste-like fruit-and-berry semi-finished products . *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (118)), 43-52. – Режим доступу : <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/7032>
2. В.М. Михайлов. Створення якісно нових плодовоовочевих напівфабрикатів і кондитерських виробів на їх основі з оздоровчими властивостями. Михайлов В.М., Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Касабова К.Р., Гордієнко І.О. // Наукові праці НУХТ, Т.25, №5, 2019, стр. 162 – 172.
3. Черевко О.І. Автоматизація виробничих процесів: підручник /О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. – Харків: Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2014. – 186 с.
4. Пат. 158521 Україна, МПК B01D 1/22. Плівкоподібний електронагрівач випромінювального типу [Текст] / А. М. Загорулько, О. Є. Загорулько ; власник Держ. біотехнол. ун-т. - № у 2024 01910 ; Заявл. 11.04.2024 ; Опубл. 19.02.2025, Бюл. № 8. - 5 с. - Б. ц.
5. Пат. України на винахід № 128610 Терморадійційна однобарабанна вальцьова сушарка органічних паст (пюре) у напівфабрикати порошкоподібної фракції / Загорулько А.М., Загорулько О.Є., Гордієнко І.О. заявник і патентовласник Державний біотехнологічний університет. – № а202100747; заявл. 18.02.2021; опубл. 29.08.2024, Бюл. № 35/2024.
6. Zagorulko, A., Kasabova, K., Shevchenko, A., Dmytrevskyi, D., Levchenko, Y., Kalashnyk, O., Koshulko, V. ., & Gromov, A. (2025). Determining the heat and mass exchange efficiency of a scraper heat exchanger for heating food semi-finished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (136)), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.335509>

УДК 620.197.

АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕКСТРАКТУ ШРОТУ ПЛОДІВ ШИПШИНИ

Савченко О. М., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

Богомолів О. В., доктор технічних наук, професор

Державний біотехнологічний університет

Сиза О. І., доктор технічних наук, професор

Лапицька Н. В., PhD, доцент

Корольов О. О., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

Корозія зумовлює значні втрати металофонду і спричиняє аварійний вихід з ладу обладнання. Технологічні середовища харчових виробництв досить корозійно-агресивні. У харчових технологіях використовують підвищені і низькі температури, дезінфікуючі та охолоджуючі розчини, значні швидкості потоків продукції, тривалу витримку середовищ у стані спокою, зміни рН розчинів у широкому діапазоні і багатьма іншими факторами. Тому для виготовлення обладнання застосовують нержавіючі леговані сталі, які мають високу міцність і зносостійкість. Але навіть для сплавів підвищеної корозійної стійкості існує корозійна небезпека [1, 2] і недолік їх – схильність до локальних видів корозії: пітінгової та міжкристалітної. Також, поряд з нержавіючими сталями, використовуються маловуглецеві – сталь 20 та Ст3, які недостатньо стійкі до корозії [1-3].

Найбільш ефективний і економічний метод боротьби з корозією в кислих, нейтральних та лужних середовищах є інгібіторний захист. На підприємствах харчової промисловості потрібно використовувати безпечні інгібітори, наприклад, природні органічні сполуки, отримані із продуктів переробки рослинної сировини [1-4].

Тому метою дослідження було вивчення протикорозійних властивостей рослинної сировини, що використовується в харчових виробництвах та створення дешевих, екологічно безпечних та ефективних інгібіторів корозії для протикорозійного захисту обладнання харчових виробництв. В цьому аспекті викликає інтерес дослідження побічних продуктів олійного виробництва, хімічний склад яких зумовлюється видом та сортом рослин, та залежить від технології отримання олії.

Мета наукового пошуку – визначення хімічного складу шроту плодів шипшини та дослідження впливу екстракту на корозійну стійкість сталей.

Перспективність вибору шроту плодів шипшини пов'язана, з екологічністю та безпечністю, відмінними органолептичними та санітарно-гігієнічними показниками екстракту.

Важливою частиною хімічного складу шроту є поліфенольні сполуки –

основні рослинні антиоксиданти. Відомо, що органічні сполуки, які мають антиоксидантні властивості є також і ефективними інгібіторами корозії металів та сплавів [5, 6]. Визначили загальну кількість поліфенольних речовин у шроті плодів шипшини. Для цього використали спектрофотометричний метод з реактивом Folin-Ciocalteu. В результаті спектрофотометричних вимірювань визначено високий вміст поліфенолів у шроті плодів шипшини – 3850,0 мг/100 г. Результати ІЧ-спектроскопії підтвердили наявність значної кількості речовин поліфенольної природи у екстрактах шроту плодів шипшини. Наявність у органічних сполуках шроту шипшини значної кількості реакційних груп поліфенольних сполук зумовлює взаємодію з їх поверхнею сталі, що показує перспективність використання їх у протикорозійному захисті.

Протикорозійну ефективність водно-спиртового екстракту шроту плодів шипшини досліджували при додаванні у 0,1М розчин хлоридної кислоти, яку використовують в якості дезінфікуючого засобу для обробки робочих поверхонь обладнання харчових підприємств. Дослідження проводили гравіметричним методом на зразках сталі Ст3 за температури 273 К.

Зразки, витримані в 0,1 М розчині HCl без інгібітору, вкриті пухкими, темно сірими продуктами корозії. Тоді як в інгібованих розчинах на поверхні сталі утворилися міцні, рівномірні, матові захисні плівки. Виявлено, що оптимальна кількість екстракту у 0,1 М розчині HCl для протикорозійного захисту сталей складає 30 г/л (ступенем захисту 79 %). При підвищенні концентрації інгібуючої добавки до 40 г/л спостерігали незначне зниження ступеня захисту. Швидкість корозії при цьому сповільнюється у 1,59-4,76 разів.

Електрохімічні дослідження проводили на зразках Сталі 20 циліндричної форми ($d = 6 \text{ mm}$, $h = 15 \text{ mm}$) у гальваностатичному режимі. За допомогою приладу Р5126 поляризаційний опір (R_p) вимірювали протягом 6 год. За результатами вимірювання розраховували коефіцієнт гальмування ($\gamma_{\text{кор}}$) і ступінь захисту: $Z_{\text{кор}} = (1 - 1/\gamma_{\text{кор}}) \times 100\%$.

Результати дослідження поляризаційного опору R_p для сталі 20 у 0,1 М розчині хлоридної кислоти підтвердили найвищу ефективність дії інгібітора за концентрації 30 г/л. При зниженні концентрації добавки до 10 – 15 г/л захист сталі 20 понижується. Ступінь захисту ($Z_{\text{кор}}$), розрахований за поляризаційним опором, через 1 год складає 91,43 - 94,79 %, коефіцієнт гальмування набув значень від 11,76 до 18,16.

Протикорозійний захист харчового обладнання доцільно проводити шляхом введення екстрактів на стадії дезінфекції. За рахунок утворення міцної захисної плівки на поверхні металевого зразка після попередньої обробки екстрактом забезпечується подальший тривалий захист, так званий ефект післядії. Для перевірки наявності даного ефекту зразки Ст3 попередньо витримували 3 год в інгібованому розчині HCl до утворення захисної плівки на поверхні. Далі зразки промивали водою і занурювали в агресивне середовище без інгібітору (експозиція 2 години, за температури 295 К). Встановлено, що ефект післядії за ступенем захисту Z_m складає від 53 % до 68,6 %.

Отримані результати можна пояснити наступним механізмом дії

інгібітора. Органічні сполуки екстракту шроту плодів шипшини хемосорбуються на поверхні металу і утворюють плівку, що ізолює цю поверхню від агресивного впливу середовища. Речовинами, які здатні суттєво гальмувати корозійний процес, є поліфеноли з антиоксидантними властивостями, вуглеводи, амінокислоти та білки. У поліфенолах (катехін, кверцетин, кемпферол) на частку гідроксильних груп доводиться 15-30% молекулярної маси, що є перспективним для утворення сорбційних зв'язків з поверхнею металу за донорно-акцепторним механізмом або іонними зв'язками з катіонами металу. Захисний ефект залежить від орієнтації молекул щодо поверхні сталі. При плоскому розміщенні можуть утворюватися стійкі хімічні зв'язки між гідроксильними групами сполук і атомами феруму. Тоді як при збільшенні концентрації – молекули можуть розміщуються перпендикулярно і утворювати легко рухливі комплексні сполуки з іонами феруму. Тому при збільшенні кількості екстракту шроту плодів шипшини ефект захисту дещо знижується.

Таким чином, отриманий екстракт шроту плодів шипшини забезпечує протикорозійний захист вуглецевих сталей. Оптимальна концентрація екстракту шроту плодів шипшини у 0,1 М розчині HCl складає 30 г/л, ступінь захисту набуває значень від 72,28 до 95,61 % за електрохімічними дослідженнями та 79 % – за гравіметричними. Виявлено наявність ефекту післядії екстракту шроту шипшини при обробці поверхні сталевого обладнання дезінфікуючим розчином хлоридної кислоти.

Список використаних джерел

1. Тищенко Г.П. Корозія і захист від корозії в харчовій промисловості: Кн.1. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. 457 с.
2. Стоєв П. І., Литовченко С. В., Гірка І. О., Грицина В. Т. Хімічна корозія та захист металів: навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 216 с..
3. Погребова І. С. Інгібітори корозії металів: Навчальний посібник. Київ: «Хай Тек Прес», 2012. 296 с.
4. Murungi P.I. and Sulaimon A.A. Ideal corrosion inhibitors: a review of plant extracts as corrosion inhibitors for metal surfaces. *Corrosion Reviews*. 2022. Vol. 40. No. 2. P. 127–136.
5. Ramalingam M., Mayakrishnan P., Kathirvel K., Ill-Min C. Seung Hyun, Comparative K.. Polyphenol Composition, Antioxidant and Anticorrosion Properties in Various Parts of Panax ginseng Extracted in Different Solvents. *Appl. Sci*. 2021. 11(1). P. 93. 238.
6. Bouoidina A., Chaouch M., Abdellaoui A., Iahkimi A., Hammouti B., El-Hajjaji F.; Taleb M.; Nahle A., Qiao L., Yan Y. Essential oil of “*Foeniculumvulgare*”: antioxidant and corrosion inhibitor on mild steel immersed in hydrochloric medium. *Anti-Corrosion Methods and Materials*. 2017. Vol. 64. no. 5. P. 563 – 572. 239.

УДК 664.9:621.791

ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

**Божко А.В., Пивовар Р.Ю., здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.**

*Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

Розглянуто сучасні енергоощадні технології теплової обробки харчових продуктів, проведено аналіз основних видів обладнання та їх енергетичних характеристик. Порівняно традиційні та сучасні методи термічної обробки, визначено джерела енергетичних втрат та запропоновано шляхи удосконалення обладнання. Особлива увага приділена впровадженню автоматизованих систем управління та використанню альтернативних джерел енергії.

Теплова обробка харчових продуктів є ключовим етапом у харчовій промисловості, що забезпечує безпеку, тривалість зберігання та поліпшення органолептичних властивостей продукції. Водночас теплові процеси відзначаються високим енергоспоживанням, що робить необхідним впровадження енергоощадних технологій та оптимізацію обладнання.

Мета даної роботи полягає в аналізі сучасного обладнання для теплової обробки продуктів, визначенні основних джерел енергетичних втрат та пропозиції заходів щодо підвищення енергоефективності.

Розвиток харчової промисловості супроводжується вдосконаленням традиційних методів обробки продуктів. Варіння та бланшування забезпечують приготування та знезараження продуктів, проте вони супроводжуються значними втратами тепла через конвекцію та випаровування. Пастеризація і стерилізація дозволяють знищувати патогенну мікрофлору, але ефективність цих процесів залежить від рівномірності нагріву та точного дотримання температурного режиму.

Смаження та запікання забезпечують інтенсивну теплову обробку, однак вони є енергомісткими та потребують вдосконалення теплообмінних поверхонь для зменшення втрат. Сучасні інноваційні методи, такі як індукційний, мікрохвильовий та інфрачервоний нагрів, дозволяють скоротити час обробки та підвищити енергоефективність. Таким чином, сучасні технології мають потенціал для значного зниження енергоспоживання порівняно з традиційними методами.

Енергоефективність обладнання визначається співвідношенням спожитої енергії до корисної роботи при обробці продукту. Основні чинники, що впливають на ефективність, включають конструктивні особливості апаратів, тип джерела тепла, систему управління процесом та режими експлуатації.

Дослідження показують, що модернізація теплообмінних поверхонь, підвищення теплоізоляції та впровадження автоматизованих систем управління дозволяють скоротити енергоспоживання на 20–35 %. Це підтверджує

необхідність інтеграції сучасних технологій в існуюче обладнання для підвищення його енергоефективності.

Енергоефективність теплового обладнання можна підвищити декількома шляхами. По-перше, рекуперація та повторне використання тепла дозволяє ефективно використовувати енергію конденсату пари, відпрацьованого гарячого повітря та води для попереднього нагрівання продукту.

По-друге, застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів зменшує теплові втрати через корпус обладнання та трубопроводи. По-третє, інтеграція автоматизованих систем управління процесами дозволяє оптимізувати режими нагріву, використовуючи дані датчиків температури, вологості та швидкості руху продукту.

По-четверте, використання альтернативних джерел енергії, таких як індукційний та мікрохвильовий нагрів, а також сонячні колектори для нагріву води та пари, забезпечує додаткове скорочення енергоспоживання. По-п'яте, комбіновані технології, що поєднують різні методи нагріву, дозволяють скоротити час обробки продукту та зменшити витрати енергії.

Під час проєктування нових виробничих ліній слід враховувати співвідношення енергоефективності та продуктивності. Впровадження енергоощадних технологій повинно супроводжуватися економічним аналізом окупності. Найбільш ефективними шляхами зменшення енергетичних витрат без втрати якості продукції є рекуперація тепла та автоматизація процесів.

Висновки

Аналіз сучасних технологій теплової обробки продуктів показав, що підвищення енергоефективності досягається за рахунок вдосконалення теплообмінних поверхонь, ізоляції обладнання, автоматизації управління та використання альтернативних джерел енергії. Впровадження комбінованих методів обробки скорочує час процесу та економить енергію, зберігаючи якість продукції. Таким чином, енергоощадні технології є ключовим напрямом розвитку харчової промисловості та забезпечення сталого виробництва.

Список використаної літератури

1. Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали VIII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2019 р., м. Київ. – К. НУХТ, 2019. – 188 с.

2. Ряшко Г.М., Крусір Г.В., Новічкова Т.П. Аналіз енергозберігаючих технологій в ресторанному господарстві // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2016. Вип.2. С.17-21.

3. Цибка М., Романова К., Ворфоломєєв А. Ресурсоефективне та чисте виробництво: навчальний посібник. UNIDO: Центр РЕБЧВ в Україні, 2017. 81 с.

4. Акіншина О.В., Третьякова Л.І., Антоненко О.М. Енергоаудит у системі енергоменеджменту підприємства // Вісник НУ «Львівська політехніка». Логістика. 2012. Вип.735. С.4-11.

5. Валінкевич Н.В. Управління енергозбереженням підприємств в контексті організаційно-економічної модернізації. Стратегічні альтернативи економічного розвитку підприємницької діяльності: монографія. Житомир: ЖДТУ, 2018. С.243-252.

6. Ряшко Г.М. Використання новітнього обладнання з метою створення високоефективних технологій на підприємствах ресторанного господарства // Наукові праці ОНАХТ. 2012. Вип.40. С.468-472.

УДК 664.7:621.9

КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ПРОДУКТІВ: ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ

**Штанопруд І.О., Мартинова М.С. здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.**

*Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

Розглянуто сучасні конструктивні рішення машин і обладнання для виробництва безглютенових харчових продуктів. Проаналізовано технологічні вимоги до процесів замішування, формування, термічної обробки та упаковки безглютенової сировини, а також визначено основні інженерні підходи до проектування обладнання, що забезпечує стабільну якість продукту та підвищену ефективність виробництва. Висвітлено сучасні тенденції автоматизації та адаптації існуючих технологічних ліній для роботи з альтернативними видами борошна.

Попит на безглютенові продукти значно зріс у світовій харчовій промисловості через поширення целіакії, харчової непереносимості та зростання популярності здорового харчування. Відсутність глютену у складі борошна ускладнює формування структури виробу, що впливає на його текстуру, об'єм і смакові властивості. Це ставить перед інженерами завдання створення спеціалізованих машин та ліній, які враховують особливості безглютенових мас. Метою статті є аналіз сучасних конструкцій машин для виробництва безглютенових продуктів та опис інженерних рішень, що забезпечують високу продуктивність і стабільну якість виробів.

Виробництво безглютенових хлібобулочних та кондитерських виробів включає кілька ключових технологічних етапів: приготування тестової маси, формування виробу, термічну обробку, охолодження та пакування. На етапі замішування безглютенового борошна з водою, жирами, загусниками та добавками утворюється маса з низькою в'язкістю та підвищеною крихкістю. Це ускладнює формування виробів та збереження газотримуючої здатності тесту під час випікання.

Саме через ці особливості безглютенового тіста сучасне обладнання повинно забезпечувати інтенсивне змішування без руйнування структури,

рівномірне формування маси, точний контроль температури і вологості, а також дбайливу термічну обробку та пакування. Таким чином, інженерні рішення для безглютенового виробництва повинні бути тісно пов'язані з технологічними вимогами на кожному етапі.

Для безглютенового тесту використовуються модифіковані планетарні та гвинтові змішувачі з регульованими режимами роботи. Регулювання швидкості обертання мінімізує руйнування структури тіста, а системи імпульсного замішування забезпечують однорідність маси. Вбудовані датчики вологості та в'язкості дозволяють автоматично коригувати процес замішування відповідно до характеристик борошна та інших інгредієнтів.

Формування безглютенового тіста має свої особливості через низьку в'язкість маси та слабе газотримання. Для цього застосовуються екструзійні системи та ковбасні дозатори, що забезпечують рівномірне подавання тіста. М'яке пресування зберігає газу всередині маси, а високоточні дозувальні механізми гарантують стабільний об'єм кожного виробу.

Безглютенові вироби більш чутливі до температури, тому використовується комбіноване конвекційне випікання з точним контролем температури та вологості. Системи подачі пари або вологості покращують структуру виробу, а сенсорний контроль кольору та об'єму дозволяє автоматично регулювати час і температуру випікання для досягнення оптимальної якості.

Пакування безглютенових продуктів має на меті збереження текстури та запобігання осідання. Герметичні пакети з контрольованим вмістом повітря, автоматична подача охолоджених виробів та датчики вологості і тиску дозволяють зберегти свіжість продукту та стабільність об'єму протягом тривалого зберігання.

Сучасні лінії безглютенового виробництва інтегрують роботизацію та автоматизацію для мінімізації механічного впливу на масу, підвищення продуктивності та стабільності виробів. Системи зворотного зв'язку дозволяють коригувати параметри замішування, формування та випікання в реальному часі. Модульні конструкції забезпечують швидку адаптацію виробничих ліній під різні види безглютенових продуктів. Крім того, застосування штучного інтелекту сприяє прогнозуванню якості виробів і оптимізації технологічних процесів.

Незважаючи на досягнуті успіхи, виробництво безглютенових продуктів має низку проблем. Основними є висока крихкість та нестійкість тестових мас, низька однорідність продуктів при масовому виробництві та висока вартість спеціалізованого обладнання.

Перспективи розвитку включають створення гнучких ліній із змінними модулями, впровадження інтелектуальних систем контролю якості, розробку енергозберігаючих технологій та використання нових біоактивних загусників і заміників глютену для покращення текстури виробів.

Висновки

Виробництво безглютенових продуктів потребує спеціалізованих інженерних рішень на всіх етапах технологічного процесу.

Основними проблемами є низька в'язкість тесту, підвищена крихкість виробів та нестабільність об'єму.

Інновації в конструкції замішувальних, формувальних, теплових та пакувальних машин, а також автоматизація і роботизація ліній, дозволяють підвищити ефективність виробництва та стабільність якості продукту.

Подальший розвиток безглютенового виробництва пов'язаний із створенням адаптивного, енергоефективного та інтелектуального обладнання.

Список використаних джерел

1. Бабіч О.В. Розроблення технології «безглютенового» печива для хворих на целиацію: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01/ наук. кер. Дорохович А.М. Київ: НУХТ, 2006. 22 с.

2. Парові безглютенові вироби (теорія і практика) : монографія / О. М. Шаніна та ін. Харків : Міська друкарня, 2022. 96 с.

3. Коваленко Н. В., Миколенко С. Ю., Сова Н. А. Перспективи збагачення дитячого безглютенового печива побічними продуктами переробки зерна амаранту і насіння промислових конопель. Здорове харчування дітей в Україні – запорука майбутнього нації: стан і перспективи : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф., м. Київ, 29 верес. 2021 р. Київ : НУХТ, 2021. С. 93–95.

4. Дзюндзя О. В., Резніченко А. В. Сучасні вимоги до якості безглютенової хлібобулочної продукції. Таврійський науковий вісник. Серія : Технічні науки. 2022. № 4. С. 55–63. URL: <https://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/270> (дата звернення: 01.10.2024).

5. Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 214 с.

6. Шаніна О. М., Лобачова Н. Л., Зверев В. О. Вологоутримувальна здатність борошняного тіста з додаванням ферменту трансглютаміназа. Наукові праці ОНАХТ. Серія : Технічні науки. Вип. 46. Т.1. 2014. С. 153-157.

УДК 664.8.036.53.001.76

АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА ОВОЧЕВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

Ходаковський О.О., студент, Маяк О.А. к.т.н, доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є розробка принципової технологічної схеми та розширення асортименту овочевих концентратів та спроектувати потокову технологічну лінію виробництва концентрованого продукту. В лінії запропоновано використовувати розроблену вакуумну вібраційну сушарку.

Отримання плодоовочевих соків та цукрове виробництво супроводжуються великою кількістю відходів, зокрема у вигляді вичавків. У більшості випадків ця сировина підлягає утилізації. Але, слід зазначити, що

овочеві вичавки містять у своєму складі харчові волокна, мікроелементи, барвники, що можна досить успішно використовувати в широкому спектрі харчової галузі – в якості структуроутворювача, вологоутримувача, замінника основної речовини в рецептурі, наприклад борошна чи крупи, джерела харчових волокон, барвника тощо.

Нажаль, наразі не існує концептуального підходу до переробки та комплексного використання овочевих вичавків. Як відомо, вичавки є матеріалом, що достатньо швидко псується, що також ускладнює їх подальшу переробку. У зв'язку з цим набуває актуальності науково-прикладне завдання, пов'язане з розробкою необхідного комплексу технологічних прийомів переробки. Авторами була виконана така робота на прикладі морквяних вичавків з їх подальшим застосуванням шляхом додавання у напівфабрикати, а також аргументовано вибір способу їх теплової обробки.

Запропоновано спосіб виробництва овочевих концентратів з моркви (рис. 1), що включає наступні основні етапи: підготовку овочевої сировини, подрібнення, розділення маси на сік і вичавки, фільтрування соку, концентрування соку до вмісту сухих речовин $C_{с.р.} = 70\%$ шляхом уварювання під вакуумом, подрібнення вичавків після відділення соку, сушіння вичавків до вмісту сухих речовин $C_{с.р.} = 90\%$, змішування концентрованого соку з висушеними вичавками.



Рисунок 1 – Спосіб виробництва концентратів з моркви

Виробництво овочевого концентрату запропонованим способом здійснювалось на спроектованій потоковій технологічній лінії (рис. 2). Основним матеріалом, який використовували у дослідженнях була морква сорту «Каротель». Обиралися плоди повністю зрілі. Основна сировина відповідала вимогам діючих стандартів і технічних умов.

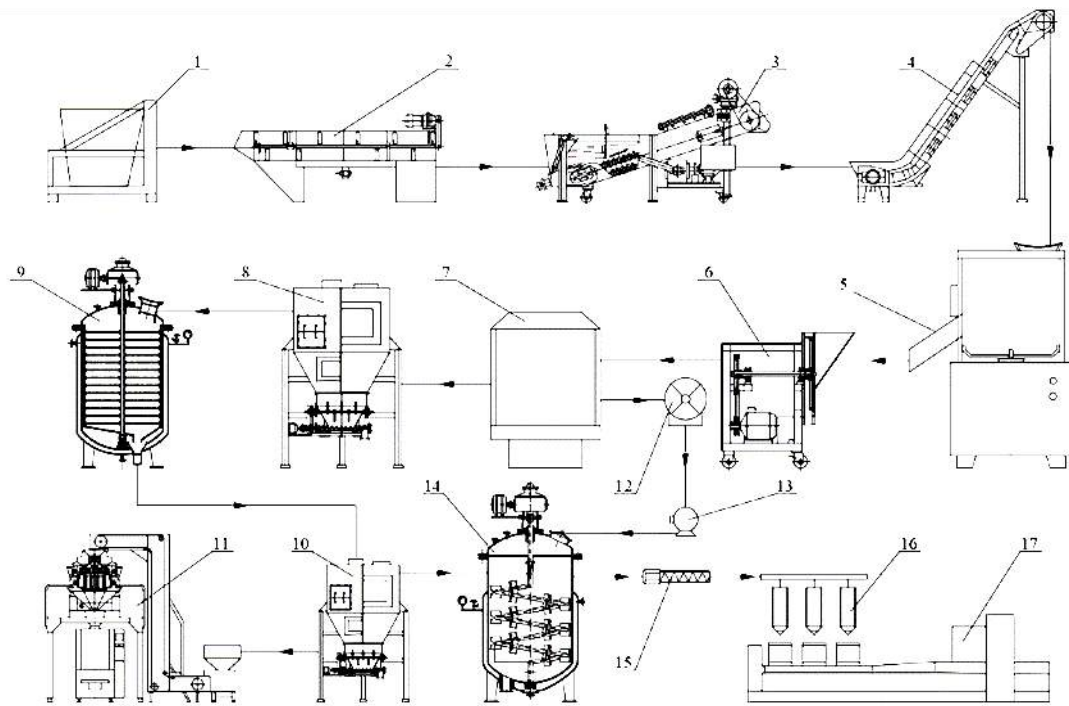


Рисунок 2 – Технологічна лінія виробництва концентрованого продукту: 1 – койтейнерноопрокидувач; 2 – лопатева мийна машина; 3 – лінійна мийна машина; 4 – транспортер; 5 – машина для очистки сировини; 6 – овочерізка; 7 – апарат для розділення сировини; 8 – технологічний бункер для сировини зі шнековим дозатором; 9 – вакуумна вібраційна сушарка безперервної дії [3]; 10 – технологічний бункер для сушеного продукту зі шнековим дозатором; 11 – комплексна система для дозування-фасування готового продукту; 12 – вакуумний фільтр; 13 – насос; 14 – вакуум-випарний апарат з вдосконаленим пристроєм для перемішування та нагрівання; 15 – шнековий нагнітач; 16 – дозатор; 17 – апарат для упаковки

Основним результатом проведених досліджень, пов'язаних з розробкою принципової технологічної схеми, є розширення асортименту овочевих концентратів, покращення якості отриманої продукції за рахунок використання раціональних режимів тепло-масообмінної обробки шляхом уварювання та сушіння під вакуумом при постійному перемішуванні, що забезпечує високий ступінь збереження органолептичних та колориметричних властивостей готових продуктів. Використання вакууму під час сушіння вичавків забезпечило високу якість кінцевого продукту, що довели дослідження кольору, хімічних та мікробіологічних показників [1, 2].

Було встановлено можливість застосування отриманого овочевого концентрату у рецептурах різних кулінарних страв за умов інтенсифікації процесу теплової обробки. До групи страв, що досліджувались, обрано запіканку рисову, биточки з пшона та пиріжки печені з прісного здобного тіста.

Список використаних джерел

1. Петрова Ж.А. Сохранность каротиноидов в зависимости от методов и режимов сушки / Ж.А. Петрова // Збірник наукових праць ВНАУ «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави» : Київ, 2010. - №42. – Т.2. – С. 70 – 77.
2. Осецький А.І., Гольцев А.М., Севастянов С.С. Сушіння біологічної сировини в режимі кріосублімаційного фракціонування // VI Всукр. науково-практ. конф. “Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини». – Х., 2019.
3. Патент на корисну модель 129091 Україна, МПК F26B 3/092, F26B 15/00. Вібраційна вакуумна сушарка безперервної дії / А.М. Сардаров, О.А. Маяк, Г.Г. Шершньов (Україна); заявник та патентовласник Харк. держ. Ун-т харч. та торг. – №201802942; заявл. 23.03.2018; опубл.25.10.2018, Бюл. №20. 4 с.

УДК 664.8:634.771:547.979

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ВИЛУЧЕННЯ НЕЇСТІВНИХ РЕЧОВИН ЗІ ШКІРКИ БАНАНА

Косточка О.Д., бакалавр, Маяк О.А. к.т.н, доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є аналіз на основі експериментальних даних ефективності методів обробки бананової шкірки для вилучення антинутрієнтів, а також наведено приклади застосування шкірки в рецептурах харчових продуктів.

Виробництво бананів перевищує 150 мільйонів тон на рік, при цьому шкірка, становить значну частину відходів. В Україні також з'являються ферми з вирощування екзотичних рослин, зокрема бананів, зацікавлені підприємства з переробки та виробництва даної продукції. Бананова шкірка містить до 50% клітковини, поліфеноли та пектин, що робить її перспективною для використання в харчових технологіях як функціональний заміник основної сировини, наприклад борошна чи як харчову добавку [1].

Використання шкірки банана в харчових технологіях активно вивчається останніми роками, що зумовлено її потенціалом як джерела біоактивних сполук і необхідністю скорочення харчових відходів [2-6]. Основна увага дослідників зосереджена на хімічному складі шкірки, методах видалення антинутрієнтів (оксалатів і ціанідів) і розробці функціональних продуктів [2-6].

У дослідженні були використані оглядові, аналітичні та експериментальні методи досліджень. В результаті аналітичного методу було вивчено та

проаналізовано існуючу інформацію з визначеної проблематики, оглядовим методом отриману інформацію було систематизовано, надано критичний аналіз та заплановано власні експерименти.

Результати та ефективність методів надані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння ефективності вилучення антинутрієнтів з бананової шкірки запропонованими методами

	Метод вилучення	Цільовий компонент	Ефективність видалення	Примітки
1	Хімічний	Оксалати	60 %	Висока вартість реагентів та ризик забруднення стічних вод
		Ціаніди	75 %	
2	Термічний	Оксалати	33 %	Зниження вмісту термолабільних компонентів, тривалість процесу
		Ціаніди	87 %	
3	Ферментативний	Оксалати	78 %	Висока вартість ферментів
		Ціаніди	94 %	
4	Комбінований	Оксалати	85 %	Потребує подальших досліджень для розробки стандартизованих протоколів
		Ціаніди	97 %	

Було запропоновано рецептуру деяких харчових продуктів з використанням обробленої комбінованим методом бананової шкірки: енергетичного батончику – вівсяні пластівці (50%), висушений порошок шкірки банана (15%), мед (20%), горіхи (15%). Сушіння шкірки відбувалося за температури 60°C, суміш перемішувалася та пресувалася. Таким чином вміст клітковини досягав 4 г/100 г, поліфеноли – 1,2 мг/1 г (вміст клітковини в вівсянці біля 2 г/100 г). Також порошок було додано в рецептуру хлібобулочного виробу у якості джерела клітковини. Хліб з додаванням порошку шкірки банана: борошно пшеничне (90%), порошок шкірки (10%), вода, дріжджі, сіль. В результаті вміст клітковини збільшився на 25% (с 2,5 до 3,1 г/100 г). Органолептика – легкий банановий аромат, м'яка текстура. Порошок отримували в наступний спосіб [7].

Список використаних джерел

1. Hana Mohd Zaini et al. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*. Volume 92, May 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>
2. Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in food. *Trends in Food Science Technology*, 123, 101–112.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.010>
3. Sharma, M., Akhter, Y., Chatterjee, S. (2019). A review on remediation of cyanide containing industrial wastes using biological systems with special reference to enzymatic degradation. *World Journal of Microbiology Biotechnology* 35, 70. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2643-8>

4. Fawale, O. S., Emuebie, P. E. (2018). Nutritional and anti-nutritional composition of banana peels as influenced by drying methods. *Journal of Food Research*, 7(6), 12–20. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n6p12>
5. Ahmed Zayed, Ghada M. Adly, Mohamed A. Farag (2025). Management strategies for the anti-nutrient oxalic acid in foods. *Food and Bioprocess Technology*, 18(5), 4280–4300. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03726-0>
6. Rusdi, S., Destian, R. A., Rahman, F., & Chafidz, A. (2020). Preparation and characterization of bio-degradable plastic from banana Kepok peel waste. *Materials Science Forum*, 1000, 123–128. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1000.123> ResearchGate
7. Маяк О. А., Василенко М. О., Косточка О. Д. Виробництво та перспективи використання харчових порошків. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. Харків : ДБТУ, 2024. Вип. 1 (35). С 179-187.

УДК: 664: 538.06

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Лебединець І.В., к.т.н., доцент, Майстер Р.Ю., студент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто напрямки підвищення ефективності технологічних процесів та обладнання для сушіння рослинної сировини. Запропоновано застосування ступінчастих режимів обробки в гібридних установках, які реалізують комбінування методів інфрачервоного та конвективного нагрівання.

Однією з найважливіших завдань переробних і харчових виробництв є отримання продовольчої продукції рослинного походження, до якої відносяться зернобобові культури, овочі, фрукти та ін. Тривале зберігання багатьох видів вихідної рослинної сировини, у натуральному вигляді у звичайних умовах неможливе, і вимагає застосування переробки, наприклад сушіння.

Сушіння є критично важливим етапом післязбиральної обробки, зокрема зерна. Правильно організований технологічний процес знижує втрати маси та якості, запобігає псуванню та знижує витрати на зберігання. Основна мета процесу сушіння – це доведення вологості рослинної сировини до безпечного рівня за мінімальних енергетичних витрат, але зі збереженням основних показників якості (енергетична та технологічна цінність, вміст білка та ін.).

Традиційно, на переробних та харчових підприємствах у більшості сучасних сушарок використовується конвективний метод сушіння при різному стані шару зерна: нерухомому, рухомому, псевдо-зваженому або зваженому. Проте сушіння рослинної сировини таким методом є досить енергоємною технологічною операцією, та вимагає значних матеріальних витрат на встановлення та обслуговування сушарок. Крім того, процес ускладнюється ризиком пересушування та локального псування рослинної продукції. У зв'язку

з цим доцільно провести дослідження, з метою підвищення ефективності існуючого, або розробки нового обладнання для сушіння.

У цьому контексті, досить перспективною представляється технологія сушіння, заснована на використанні ІЧ-випромінювання. Переваги, які забезпечує дана технологія, спираються на низку особливостей, що характеризують взаємодію ІЧ-випромінювання та об'єкта, який обробляється: об'ємний характер перетворення теплоти в сировині; досить короткий час сушіння при відносно низькій температурі процесу, що обумовлює високий (до 96,98 %) рівень збереження білків, жирів та клітковини.

Джерелом енергії для сушіння рослинного матеріалу в таких апаратах є електричні ІЧ випромінювачі, використання яких забезпечує екологічність процесу, надійність роботи обладнання, можливість автоматизації. Застосування ІЧ нагрівачів з довжиною хвилі випромінювання у межах 1,5...3,0 мкм дозволяє максимально глибоко прогрівати рослинну сировину.

Проведені дослідження показують, що одним з перспективних методів сушіння рослинної сировини є застосування модульних та гібридних сушарок, в яких реалізується комбінування конвективного та інфрачервоного нагрівання, що дозволить отримати оптимальні співвідношення швидкості випаровування вологи та збереження якості. При цьому, з метою підвищення ефективності процесу, доцільно використовувати ступінчасті режими сушіння з адаптивним керуванням, та раціональним співвідношенням циклів, наприклад «ІЧ-нагрівання – обдув повітрям – обдув гарячим повітрям».

Список використаних джерел

1. Браславець В.М. Гурський П.В. Іващенко С.Г. Дослідження впливу питомої потужності ІЧ випромінювання на ефективність сушіння ріпаку. Матер. XX науково-практ. конфер. «Технічний прогрес в АПК» Х: ДБТУ, 2025. С. 438–440.

2. Гурський П.В., Іващенко С.Г., Болдир Є.О. Дослідження процесу сушіння зерна пшениці в шафових зерносушарках із застосуванням конвективного способу. Матер. Всеукр. науково-практ. конфер. здобувачів вищої освіти і молодих вчених “Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв”. Х: ДБТУ, 2023. С. 52–54.

3. Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А., Іващенко С.Г., Токолов Ю.І., Маніло В.Л., Заїка В.П., Шерстюк В.С. Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв. Навч. посібник. –Харків, «Міськдрук»: 2014. 254с.

УДК 664.661

ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ ДЛЯ МАЛИХ ХЛІБОПЕКАРЕНЬ

¹Шевченко А.О., к.т.н., доц., ¹Косточка О.Д., магістрант,

²Михайлов Б.В., викладач, ³Бабанова О.І., ст. викладач

¹Державний біотехнологічний університет,

²Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету»,

³Національний університет харчових технологій

Запропоновано комплекс обладнання для малих хлібопекарень, орієнтований на підвищення ефективності та конкурентоспроможності. Основним елементом є піч з комбінованим електроконтактним та інфрачервоним нагріванням, що забезпечує енергоощадність та якісне випікання. Автоматизація технологічних процесів гарантує високу продуктивність при дотриманні стандартів якості на всіх етапах виробництва.

Хлібопекарська галузь займає одне з провідних місць у харчовій промисловості, забезпечуючи населення основним продуктом харчування. Сучасні умови ринку в Україні висувають підвищені вимоги до ефективності, продуктивності та екологічності виробництва. Особливо це стосується малих та середніх підприємств, які стикаються з необхідністю оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності. Актуальним завданням стає вдосконалення технологічних процесів, серед яких ключову роль відіграють дозування компонентів, приготування тіста, формування заготовок та, що найважливіше, теплова обробка. Саме на цій стадії формуються кінцеві споживчі властивості продукції, а також рівень енергоспоживання.

Метою роботи є проектування комплексу обладнання цеху для малих хлібопекарень, що включає дозувальні пристрої, тістомісильне обладнання, та піч з комбінованим електроконтактним та інфрачервоним нагріванням.

Основою якісного хліба є відповідна сировина. До головних інгредієнтів належать борошно, вода, дріжджі, сіль. Борошно як основний компонент, впливає на структуру, зовнішній вигляд і смак виробу. Найпоширенішими є пшеничне та житнє борошно, які розрізняються за вмістом білка, кольором і клейкістю. Вода бере активну участь у формуванні тіста, і її якість впливає на перебіг біохімічних процесів. Дріжджі відповідають за бродіння та створення пористої структури м'якуша, а сіль надає смакових відтінків. До додаткових компонентів відносять цукор, жири та молочні продукти, які покращують смак і подовжують термін зберігання. Важливим є дотримання стандартів якості для всієї сировини, що підтверджується органолептичними, хімічними та мікробіологічними тестами. Використання неякісних інгредієнтів, наприклад, борошна з підвищеною вологістю або неактивних дріжджів, призводить до отримання виробів із щільною текстурою та незадовільними об'ємними показниками.

Технологічний процес виробництва хліба є багатостадійним і включає підготовку сировини, заміс тіста, бродіння, формування, вистоювання, випікання та охолодження. Кожна з операцій вимагає дотримання параметрів вологості, температури і часу. Так, правильний режим замішування забезпечує оптимальне розподілення клейковини, а контроль температури під час бродіння сприяє активізації дріжджових культур. Найбільш енергоємною є стадія випікання. Сучасні підходи спрямовані на впровадження енергоощадних методів теплової обробки, зокрема комбінації електроконтактного та інфрачервоного нагрівання. Такий підхід дозволяє не лише знизити споживання електроенергії, але й забезпечити рівномірне пропікання та формування апетитної скоринки.

Для практичної реалізації наведених принципів розроблено комплекс обладнання цеху виробництва хліба, орієнтований на потреби малих виробництв (рис. 1). Комплекс обладнано дозатором рідких компонентів 1 для відмірювання рідких інгредієнтів, дозатором борошна 2 для відмірювання кількості борошна, мішалкою для приготування закваски 3, насосами 4 для переміщення інгредієнтів, ємностями для бродіння закваски 5, видатковою ємністю закваски 6, ємністю закваски для відновлення 7, тістомісильною машиною з підкатною діжею 8, діжепідійомником 9, тісторозділювачем 10, тістоформувальною машиною 11, посадчиком 12, шафою вистоювання 13, стелажним візком 14, хлібопекарською піччю 15 та додатковою шафою вистоювання 16.

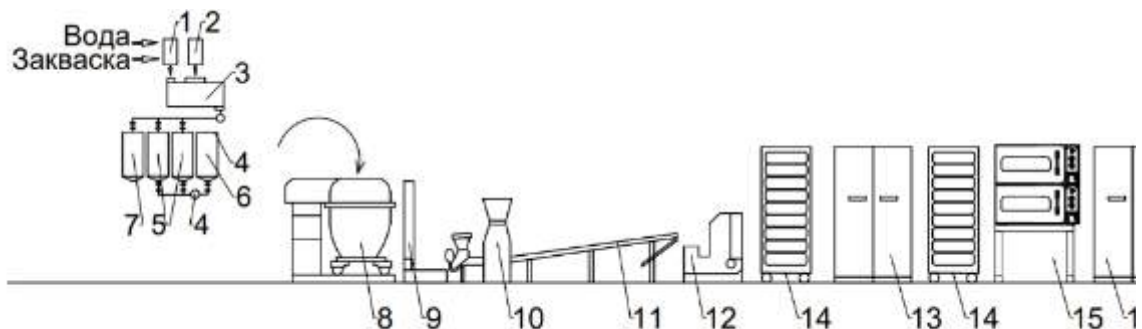


Рис. 1. Схема комплексу обладнання цеху для малих хлібопекарень: 1 – дозатор рідких компонентів; 2 – дозатор борошна; 3 – мішалка для приготування закваски; 4 – насоси; 5 – ємності для бродіння закваски; 6 – видаткова ємність закваски; 7 – ємність закваски для відновлення; 8 – машина тістомісильна з підкатною діжею; 9 – діжепідійомник; 10 – тісторозділювач; 11 – тістоформувальник; 12 – посадчик; 13, 16 – шафи вистоювання; 14 – стелажний візок; 15 – хлібопекарська піч

Лінія є автоматизованою, що забезпечує високу продуктивність при збереженні контролю на всіх етапах. Її структура починається з підготовки сировини. Дозатор рідких компонентів 1 забезпечує точну видачу води та олії, виконуючи їх подачу до мішалки. В цей самий час дозатор борошна 2 відмірює необхідну кількість борошна, яке після цього також подається в мішалку. Подальше змішування цих інгредієнтів із закваскою відбувається мішалкою для

приготування закваски 3, де формується однорідна маса, що є критично важливим для отримання якісного тіста. Для транспортування суміші між апаратами використовуються насоси 4, що підвищує рівень автоматизації.

Закваска направляється у ємності для бродіння 5, де вона тримається до появи характерного аромату та смаку. Далі видаткова ємність 6 виконує подачу отриманої закваски на наступні етапи. Частина закваски може зберігатися для підтримки культури у ємності закваски для відновлення 7, що дозволяє зберегти їх властивості. Після цього тісто подається в тістомісильну машину з підкатною діжею 8, де всі інгредієнти гомогенізуються. Далі діжепідйомник 9 піднімає діжу з готовим тістом для подальшого формування. Готове тісто проходить через тісторозділювач 10, який ділить його на точні порції, після чого тістоформувальна машина 11 формує порції в заготовки бажаної форми. Потім посадчик 12 рухає сформовані заготовки в шафу вистоювання 13, де вони доходять до оптимальних умов, що є критично важливим для отримання пишної структури. Після вистоювання готові заготовки розміщуються на стелажному візку 14 і транспортуються до хлібопекарської печі 15 для випікання. Використання печі з комбінованим електроконтактним та інфрачервоним нагріванням є інноваційним технічним рішенням, яке забезпечує ефективну теплову обробку з мінімальними енерговитратами. Шафа вистоювання 16 в разі потреби може бути використана для повторного вистоювання або охолодження готових виробів перед пакуванням.

Важливим аспектом експлуатації запропонованого комплексу є належний монтаж, регулярне технічне обслуговування та навчання персоналу. Ці заходи дозволяють запобігати непередбаченим простоям, зменшувати витрати на ремонт та підтримувати стабільність технологічного процесу. Дотримання санітарних норм є обов'язковою умовою для виробництва безпечної та якісної продукції.

Висновок

Розроблений комплекс обладнання цеху для малих хлібопекарень інтегрує сучасні енергоефективні рішення, зокрема в області теплової обробки, та забезпечує повний технологічний цикл виробництва хліба. Його впровадження сприятиме підвищенню якості готової продукції, зниженню операційних витрат та посиленню конкурентних позицій на ринку. Практична цінність роботи полягає у можливості безпосередньої реалізації для модернізації діючих виробництв.

Список використаних джерел

1. Розробка комплексу технологічного обладнання для виробництва хліба / А.О. Шевченко [та ін.] // Молодь і технічний прогрес в АПК : Між-нар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р. : матеріали. Харків : ДБТУ, 2024. С. 529-532.
2. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2 Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

3. Довідник з технології хлібопекарського виробництва / В.І. Дробот. Київ, 2019. 580 с.

4. Технологічне обладнання хлібопекарського виробництва [Електронний ресурс]. Режим доступу : https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_32/page1.html.

5. Аналіз шляхів інтенсифікації замішування тіста на безперервно діючих тістомісильних машинах / І.В. Тараймович, Є.В. Димчур // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : журнал. Луцьк : ЛНТУ, 2014. №1. с.117-120.

УДК 621.565:664:620.9

ІННОВАЦІЙНІ ТЕПЛООБМІННИКИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ: ПОКРАЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

**Пивовар Р.Ю., Яременко А.С. здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.**

*Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

Робота присвячена аналізу сучасних інновацій у сфері теплообмінного обладнання харчової промисловості, спрямованих на підвищення енергоефективності виробничих процесів. Розглянуто принципи роботи новітніх теплообмінників, їх конструктивні особливості, переваги та сфери застосування. Окреслено перспективи впровадження енергоощадних рішень на українських підприємствах АПК.

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості вимагають від підприємств постійного вдосконалення технологічного обладнання з метою зменшення енерговитрат та підвищення продуктивності виробництва. Теплообмінні процеси відіграють ключову роль у переробці харчових продуктів, оскільки більшість технологічних стадій, включаючи пастеризацію, стерилізацію, випаровування, охолодження та заморожування, потребують значних енергетичних ресурсів. Тому питання переходу до інноваційних теплообмінників, що дозволяють оптимізувати енерговитрати, є надзвичайно актуальним для підприємств агропромислового комплексу.

Зростання цін на енергоносії, необхідність забезпечення стабільної якості продукції та перехід до екологічно орієнтованого виробництва створюють нові виклики для харчових підприємств. У цих умовах саме інноваційні теплообмінники стають важливим інструментом підвищення конкурентоспроможності, оскільки вони поєднують енергоефективність, надійність та технологічну гнучкість. Саме тому дослідження сучасних рішень у сфері теплообміну є важливим для розробки нових технологічних стратегій у харчовій промисловості.

Теплові процеси є критично важливими для формування якості та безпечності харчових продуктів. Вони забезпечують знищення патогенних мікроорганізмів, підвищують термін зберігання продукції, сприяють змінам фізико-хімічних властивостей, що визначають структуру, консистенцію та

смакові характеристики. Одночасно ці процеси є одними з найбільш енергозатратних, що робить їх ключовим об'єктом оптимізації.

Ефективність теплообмінного обладнання безпосередньо впливає на собівартість продукції, енергетичний баланс підприємства та екологічний вплив виробництва. Тому модернізація теплообмінників є одним із найрезультативніших шляхів підвищення енергоощадності харчових виробництв, особливо в умовах необхідності скорочення викидів та економії енергії.

У харчовій промисловості традиційно використовують кожухотрубні, пластинчасті, спіральні та поверхневі теплообмінники. Кожен із цих типів має власні технічні переваги, проте більшість класичних конструкцій мають спільні обмеження, пов'язані з недостатньою тепловіддачею, потребою у значних експлуатаційних витратах і складністю очищення.

Кожухотрубні теплообмінники, хоча і демонструють високу надійність, характеризуються низькою компактністю, складністю санітарної обробки та високою витратою матеріалів. Пластинчасті теплообмінники є ефективнішими щодо теплопередачі, проте їхні ущільнення піддаються швидкому зносу при роботі з агресивними середовищами або продуктами з високою в'язкістю. Спіральні теплообмінники забезпечують хорошу турбулізацію потоків, однак обмежені у використанні для продуктів із твердими включеннями.

Таким чином, традиційне обладнання вже не повною мірою відповідає сучасним вимогам, що стимулює розвиток інноваційних рішень.

Сучасні теплообмінники нового покоління розробляються з урахуванням максимального покращення коефіцієнтів теплопередачі, зменшення гідравлічних втрат та підвищення санітарно-гігієнічних властивостей.

Одним із ключових напрямів розвитку є створення спеціальних поверхонь – рифлених, сегментованих або мікроструктурованих, що сприяють турбулізації потоку без значного збільшення енергоспоживання насосів. Такі конструкції дають змогу суттєво підвищити коефіцієнт теплопередачі, що особливо важливо для в'язких середовищ або продуктів із неоднорідною структурою.

Іншим інноваційним рішенням є застосування нанопокриттів або нанофлюїдів, які змінюють теплопровідність системи. Нанопокриття забезпечують антикорозійний захист та полегшують санітарне очищення. Нанофлюїди, у свою чергу, дозволяють підвищити теплопровідність робочого середовища до 20–40 %, що значно знижує витрати енергії.

З огляду на потреби малого та середнього бізнесу активно розвиваються компактні модульні теплообмінники, які легко інтегруються у виробничі лінії. Модульна конструкція забезпечує просту модернізацію, а також дає змогу об'єднувати кілька технологічних процесів у межах одного блоку (нагрівання, охолодження, рекуперація тепла).

Великої популярності набувають системи рекуперації тепла, які дозволяють повторно використовувати тепло гарячих потоків для підігріву холодних. Новітні рекуператори оснащуються автоматичним керуванням, що оптимізує теплові потоки залежно від навантаження та температурних коливань.

Підвищення енергоефективності є ключовим завданням для сучасних харчових підприємств. Енергетична ефективність теплообмінників залежить не лише від конструктивних особливостей, а й від можливостей автоматизованого керування, яке здатне адаптувати роботу обладнання в режимі реального часу.

Використання датчиків температури, витрати, тиску та системи машинного інтелекту дає змогу прогнозувати зміни у роботі теплообмінника та автоматично оптимізувати його параметри. Це зменшує енергоспоживання, знижує ризик поломок та продовжує термін служби обладнання.

Економічний ефект від впровадження енергоощадних теплообмінників може досягати 25–40 % залежно від масштабу виробництва та рівня модернізації систем. Зменшення теплових втрат також позитивно впливає на екологічну складову діяльності підприємства.

Українські підприємства харчової промисловості мають значний потенціал для модернізації теплообмінного обладнання, проте впровадження інновацій стримується низкою факторів — від обмежених фінансових ресурсів до недосконалої інфраструктури сервісного обслуговування.

Водночас розвиток енергоощадних технологій відповідає стратегічним завданням України щодо забезпечення енергетичної незалежності та зменшення імпортозалежності. Державні програми підтримки інновацій, грантові ініціативи для малого та середнього бізнесу, а також кооперація з науковими установами можуть прискорити впровадження сучасних теплообмінників у виробництво.

Перспективним напрямом є створення вітчизняних модульних теплообмінних систем, адаптованих до потреб локальних харчових підприємств. Це сприятиме не лише підвищенню енергоефективності, а й розвитку національного машинобудування для АПК.

Висновки

Інноваційні теплообмінники відіграють важливу роль у підвищенні енергоефективності харчових виробництв, забезпечуючи оптимізацію теплових процесів, зменшення експлуатаційних витрат та покращення екологічних показників. Сучасні конструкції — від теплообмінників із підвищеною турбулізацією до систем з нанотехнологіями — відкривають нові можливості для модернізації підприємств АПК. Україна має всі передумови для активного впровадження таких рішень, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності харчової промисловості на внутрішньому та міжнародному ринках.

Список використаних джерел

1. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, технікотехнологічний та екологічний аспекти : колективна монографія / Кол. авторів; за заг. ред. П.М. Макаренка, О.В. Калініченка, В.І. Аранчій. Полтава: ПП “Астра”, 2019. 603 с.

2. Стратегії модернізації та реконструкції діючих систем із застосуванням теплообмінників <https://ankort.com/ua/stratehiyi-modernizatsiyi-ta-rekonstruktsiyi->

diyuchykh-system-iz-zastosuvannyam-teploobminnykiv/(дата звернення: 16.11.2025).

3. Мікульонюк І.О. Інноваційне теплообмінне обладнання. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 140 с.: іл. – Бібліогр.: с. 130–137.

4. Хітман Д. та Хейнес // Проектування теплообмінного обладнання: Основні принципи та практика, Видавництво Технічної Літератури, К., 2018. 208с.

5. Теплообмінники. Визначення експлуатаційних характеристик теплообмінників та загальна методика випробування для встановлення експлуатаційних характеристик усіх теплообмінників: ДСТУ EN 305-2001 – [Чинний від 01.04.02]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 15 с.

6. Інновації в харчовій промисловості: здобутки та перспективи майбутнього <https://newfood.ua/2022/01/27/innovatsii-v-kharchoviy-promyslovosti-zdobutky-ta-perspektyvy-maybutnoho/> (дата звернення: 16.11.2025).

7. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств. Консультування підприємств щодо енергоефективності. За заг. ред. Н.Усенко та А. Чернявського, Видаєник: Проект «Консультування підприємств щодо енергоефективності». Київ, 2020, 141 с.

УДК 631.3:658.5:330.341.1

МОДУЛЬНЕ І ГНУЧКЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ РОЗВИТКУ АПК

Вороновський В.О. магістрант, Божко А.В. здобувач вищої освіти, Карпенко Л.К. к.т.н., доц.

*Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

Розглянуто сучасні підходи до організації виробництва на основі модульних та гнучких технічних систем, що мають особливе значення для малого та середнього бізнесу, зокрема в агропромисловому комплексі. Проаналізовано засади модульності та гнучкості в контексті підвищення ефективності виробництва, окреслено сфери застосування таких систем у переробній, харчовій і тваринницькій галузях. Обґрунтовано доцільність впровадження модульних технологічних рішень у діяльність українських підприємств для забезпечення їх конкурентоспроможності та стійкого розвитку.

Сучасні ринкові умови вимагають від підприємств малого та середнього бізнесу високої адаптивності, технологічності та здатності швидко змінювати виробничі процеси. Особливо це актуально для агропромислового комплексу, який перебуває у фазі трансформації, відновлення інфраструктури та впровадження інноваційних рішень. У таких умовах модульне та гнучке обладнання стає одним із ключових інструментів підвищення ефективності виробництва, раціонального використання ресурсів та розширення можливостей підприємств без надмірних капіталовкладень.

Модульні системи дають змогу організовувати виробництво поетапно, відповідно до потреб ринку та фінансових можливостей. Гнучкість обладнання, у свою чергу, забезпечує швидке переналаштування технологічних процесів, що дозволяє підприємствам зменшувати виробничі ризики та оперативно реагувати на зміни попиту. Такий підхід особливо важливий для українських малих виробників, які прагнуть підвищити конкурентоспроможність та інтегрувати новітні технології у свою діяльність.

Поняття модульності обладнання ґрунтується на ідеї поділу технічної системи на окремі незалежні блоки, що можуть автономно виконувати певні функції або працювати у складі єдиного комплексу. Такий підхід спрощує конструкцію, обслуговування та модернізацію продуктивних ліній, а також створює можливості для поступового нарощування виробничих потужностей.

Гнучкість виробництва, на відміну від модульності, стосується здатності технологічної системи швидко адаптуватися до змінних умов. Це включає переналаштування обладнання під різні види сировини, зміни обсягів виробництва або корекцію технологічних параметрів. Завдяки гнучкості підприємства можуть мінімізувати втрати, пов'язані з коливаннями ринку, та ефективно впроваджувати нові технологічні рішення без повної реконструкції виробничих ліній.

Поєднання модульності та гнучкості забезпечує підприємствам високий рівень інноваційності. Це сприяє інтеграції сучасних цифрових технологій, автоматизованими системами керування, інтелектуальним аналізом даних та роботизованими механізмами, що особливо важливо для підприємств АПК.



Рис. 1. Гнучка лінія переробки молока на 500, 1000, 2000 літрів. Цех з виробництва сиру, масла, кисломолочних продуктів.

Використання модульних систем створює низку економічних переваг для малого та середнього бізнесу, серед яких — зменшення витрат на запуск виробництва та його подальше масштабування. Підприємство може почати з мінімального набору модулів, а в міру розвитку поступово додавати нові компоненти, не потребуючи повного оновлення технологічної лінії. Це знижує фінансове навантаження та мінімізує ризики, пов'язані зі змінами ринкової кон'юнктури.

До технологічних переваг належать стандартизація компонентів, спрощене обслуговування, мобільність окремих виробничих модулів та можливість їх швидкого розміщення у будь-якій локації. Завдяки уніфікованим інтерфейсам підключення модульне обладнання легко інтегрується з цифровими системами керування, що забезпечує можливість точної автоматизації.

Особливо значущою є роль модульних систем у фермерських господарствах та кооперативах. Невеликі виробники отримують інструмент, який дозволяє переробляти сировину на місці її виробництва, тим самим скорочуючи логістичні витрати та збільшуючи частку доданої вартості, яка залишається в регіоні.

Переробка рослинної сировини є однією з найбільш перспективних сфер використання модульного обладнання. Сучасні модульні лінії здатні забезпечити очистку, сушіння, екструдкування, подрібнення та фасування продукції без необхідності встановлення складних стаціонарних систем. Підприємство може поступово додавати нові модулі відповідно до змін технологічного циклу або розширення асортименту продукції.

У харчовій промисловості модульні комплекси широко застосовуються у виробництві молочної, плодоовочевої, рибної та м'ясної продукції малої потужності. Їх гнучкість дозволяє організовувати локальні виробництва, які працюють за принципами короткого ланцюга постачання, зменшуючи залежність від великих підприємств та транспортної інфраструктури.

У тваринницькому секторі модульні системи сприяють удосконаленню процесів автоматичного годування, моніторингу здоров'я тварин, регулювання мікроклімату у приміщеннях та управління відходами. Це значно підвищує продуктивність праці та зменшує навантаження на персонал.

Логістика також активно використовує модульні рішення — мобільні склади, холодильні контейнери, енергоефективні блокові сховища дозволяють формувати компактні логістичні хаби, які підвищують якість зберігання продукції та зменшують втрати під час транспортування.

Тенденції сучасного машинобудування вказують на швидке поширення роботизованих модульних систем, що поєднують можливості автономної роботи та високої точності. Роботи-маніпулятори, автоматизовані транспортні платформи та системи машинного зору значно розширюють технологічні можливості підприємств малого та середнього бізнесу.

Використання штучного інтелекту в управлінні модульними комплексами дозволяє здійснювати передиктивний аналіз технічних несправностей, оптимізувати енергоспоживання та автоматично налаштовувати параметри

виробництва. Такі рішення підвищують стабільність роботи обладнання та сприяють економії ресурсів.

Іншим перспективним напрямом розвитку є інтеграція модульних систем із відновлюваними джерелами енергії. Комплекси з автономним енергопостачанням на основі сонячних панелей, теплових насосів або систем рекуперації тепла забезпечують енергоефективність та зменшення залежності від централізованих мереж.

Незважаючи на переваги модульного обладнання, його широке впровадження в Україні стикається з певними бар'єрами. Серед ключових викликів — обмежені фінансові ресурси підприємств, недостатній рівень цифрової компетентності фермерів та відсутність державних стандартів і стимулів для впровадження сучасних технологічних рішень.

Водночас український АПК має значний потенціал для розвитку модульних технологій. Створення кооперативних центрів переробки, державні програми підтримки інновацій, пільгові кредити та навчальні програми для МСБ можуть суттєво прискорити модернізацію виробництва.

Економічний ефект від впровадження модульного обладнання проявляється в підвищенні доданої вартості продукції, створенні нових робочих місць, розвитку локальних брендів та зменшенні логістичних витрат. Для України це також відкриває шляхи до підвищення конкурентоспроможності на міжнародних ринках.

Висновки

Модульне й гнучке обладнання є важливим елементом розвитку малого та середнього бізнесу в агропромисловому комплексі України. Його використання дає можливість підприємствам працювати ефективно, адаптуватися до змін ринку, зменшувати витрати й упроваджувати інноваційні технології. Впровадження модульних технологічних систем сприятиме модернізації АПК, підвищенню якості та конкурентоспроможності продукції, а також розвитку економічного потенціалу регіонів. Подальші дослідження та інвестиції в цей напрям стануть запорукою формування технологічно стійкого та інноваційного аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. Аграрний бізнес у цифрову епоху – українські реалії | Na chasi. Na chasi. URL: https://nachasi.com/creative/2018/10/02/itzemlerobstvo/?utm_source=com (дата звернення: 16.11.2025).
2. Аграрні та агропродовольчі структури в умовах посилення турбулентності: монографія / Шуст О.А., Варченко О.М., Крисанов Д.Ф. та ін.; за ред. О.А. Шуст. К.: ТОВ «ТРОПЕА», 2023. 440 с.
3. Державний аграрний реєстр. Державна автоматизована інформаційна система. URL: <https://www.dar.gov.ua/> (дата звернення: 16.11.2025).
4. До 20 найбільш інноваційних компаній України увійшли чотири агропідприємства – AgroTimes. AgroTimes. URL: <https://agrotimes.ua/agromarket/do-top-20-najbilsh-innovacijnyh->

kompanijukrayiny-uvijshly-chotyry-agropidpryyemstva/?utm_source.com (дата звернення: 16.11.2025).

5. ТОП-5 найбільш інноваційних агрокомпаній України. URL: https://uga.ua/shortnews/top-5-najbilsh-innovatsijnih-agrokompanijukrayini/?utm_source.com (дата звернення: 16.11.2025).

6. Юрчук Н.П., Кіпоренко С.С. Цифровізація сільського господарства: виклики і можливості для фермерських господарств. Агросвіт. 2024. № 19. С.53-62. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.19.53>.

7. Підприємництво: сучасні виклики, тренди та трансформації : моногр. / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Т. Гринько.-Дніпро : Видавець Біла К. О., 2023. - 568с.

UDK 637.134.001.57

INVESTIGATION OF THE QUALITATIVE PERFORMANCE OF MILK DISPERSION IN A PULSATION-TYPE HOMOGENIZING DEVICE

**Palianychka Nadiia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kovalyov Alexandr, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,
Prokopenko Olena, Assistant.**

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

The aim of the study is to determine the most effective method for evaluating the qualitative characteristics of the milk dispersion process. An analysis of the most commonly used approaches for assessing homogenization efficiency is presented.

The formation of fine-dispersed emulsions by means of homogenization is widely applied in agricultural production, as well as in the chemical, food and other industrial sectors [1]. In the agro-industrial field, emulsification represents a key stage in the production of oil-based mixtures and concentrated pesticide emulsions. Homogenization makes it possible to prevent phase separation during storage of products such as egg melange and mixtures derived from it, condensed milk with a combined composition, bases for ice cream (such as “milk base – vegetable fat”), as well as sauces including mayonnaise, ketchup, margarine, and similar products.

Under modern conditions, valve-type homogenizers are predominantly used for milk processing [2]. At the same time, an analysis of their operation has revealed a number of disadvantages, including large dimensions and weight, high metal consumption, significant energy demand, rapid wear of the valve working components, and a relatively high production cost of the equipment. Taking these factors into account, pulsation-based homogenization appears to be a promising alternative, as it provides a comparable level of dispersion while requiring considerably lower energy input.

The theoretical studies conducted have shown that pulsation technology makes it possible to achieve a high degree of milk homogenization while reducing energy consumption by 15% compared with the most efficient types of valve homogenizers [2]. Therefore, it is relevant to analyze the qualitative indicators of milk raw material

dispersion in a pulsation-type homogenizer in order to experimentally determine the effectiveness of homogenization in a unit of this kind.

According to data from various sources, the average diameter of fat globules in milk before homogenization is in the range of 2.5–4.0 μm , whereas after treatment this value decreases to less than 1 μm [3].

In order to determine the effectiveness of milk homogenization after pulsation-based treatment, two key parameters must be evaluated: the degree of fat globule size reduction and the uniformity of their distribution within the volume of the dispersed phase, i.e., the level of homogeneity. Several approaches are used to assess the quality of homogenization, which is обусловлено the complex nature of milk as a multiphase polydisperse system. None of the existing methods simultaneously take into account all factors that may affect the accuracy of dispersion degree evaluation. In addition, further difficulties arise due to the tendency of fat particles to aggregate and form conglomerates.

In practice, the degree of milk homogenization is most commonly evaluated using the following methods [4,5]:

- Sedimentation analysis.
- Centrifugation.
- Optical measurements.
- Microscopic examination.

The first three methods belong to integral approaches to evaluation, as they are based on generalized characteristics of the sample, whereas the latter – microscopic analysis – is a differential method that enables the investigation of the individual parameters of fat particles.

The most widely used method for assessing the quality of homogenization is sedimentation analysis. It is based on the relationship between the rate of rise (creaming) of the fat phase and the size of the particles.

The fat sedimentation method does not provide high accuracy, since during sedimentation analysis the rising rate of fat particles is influenced not only by their geometric size, but also by their tendency to aggregate. This parameter, in turn, depends on the quantity and condition of the milk protein components, in particular euglobulin, as well as on the time elapsed since milking and a number of other factors.

The centrifugation method is based on comparing the fat phase content in the initial emulsion sample with that in a sample subjected to centrifugation for 30 minutes at a temperature of 38 – 40 °C. The main drawback of this approach is the requirement to maintain identical conditions, including the use of the same centrifuge models and test tubes, as well as a constant tilt angle of the latter during the centrifugation process, which is critical for the reliability of the results.

The optical method, particularly spectrophotometric analysis, is based on measuring the light transmittance (or turbidity) of the emulsion sample at wavelengths of 400 and 1000 nm. This approach enables rapid analysis; however, its accuracy is reduced by the presence of protein molecules whose diameter can reach up to 0.3 μm [4,5]. Therefore, this technique also cannot be considered a highly precise method of measurement.

Another way to assess the quality of homogenization is the direct determination of the average size of fat globules using a microscope [6]. Before the measurement, the milk sample after homogenization must be thoroughly mixed by repeatedly transferring it between containers, while avoiding foam formation.

To improve the visibility of milk fat particles under a microscope, fat-soluble dyes in combination with urea are used. A drop of diluted milk is placed on a microscope slide with the help of a glass rod. The sample is then covered with a cover slip, the edges of which are thinly sealed from opposite sides. At the moment of covering, the preparation is gently pressed to create an airtight space between the cover slip and the slide.

Since a microscope provides a clear image only of the upper layer of fat particles, the prepared sample is kept at room temperature for 20 – 30 minutes, allowing the fat to rise to the surface. The particle diameter is measured using a special measuring eyepiece in combination with the microscope objective.

Due to the constant random motion of fat particles resulting from Brownian movement, photographing the sample followed by subsequent measurement and particle counting is considered the most convenient research approach. In order to minimize the number of manual measurements, special counting chambers are often used, such as the Goryaev, Bürker, Rosenfeld and others.

Thus, in order to obtain a reliable quantitative assessment of the dispersed properties of milk, it is necessary to analyze a large sample size – at least several hundred fat globules. In addition, the measurements should be carried out within the shortest possible time. The most promising equipment for such tasks is considered to be image analysis systems – devices that provide rapid input and processing of complex visual data. This category includes universal systems such as IBAS (Germany), as well as Magiscan and Quantimet (United Kingdom), which operate as multiprocessor systems with either sequential or parallel architecture.

Based on the obtained counts, histograms are constructed to illustrate the percentage distribution of fat globules according to their diameter. As the number of analyzed particles increases, these graphs tend to approach a normal distribution law of a random variable. The next step involves calculating the average diameter of the fat particles after homogenization and analyzing the width of their size distribution.

Conclusions.

Based on the above, it can be concluded that the most accurate results in evaluating the effectiveness of milk homogenization are achieved by combining microscopic measurements with microphotography followed by computer-based analysis of the obtained images.

References:

1. McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F.. Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects. Springer. 2013. 658 p.
2. Palianychka N.O., Vershkov O.O., Antonova H.V. Analysis of modern devices for milk homogenization. Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University. – Melitopol, 2017. Issue 17, Vol. 3, pp. 194–199.

3. Lucey, J. A. Formation and physical properties of milk protein gels. Journal of Dairy Science, 94(10). 2011. 5427–5440.

4. Havrylenko V. V. Homogenization of milk and dairy products: methodological aspects and equipment. Kyiv: Agropromvydav, 2019. 120 p.

5. Kryvtun H. V., Yalovenko I. P. Methods for assessing the quality of dispersed systems in the food industry. Odesa: ONAFT, 2020. 165 p.

6. Palianychka N. O., Verkholtantseva V. O., Kovaliov O. O. Determination of milk homogenization quality in a pulsed homogenizer. Modern Scientific Research on the Way to European Integration: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum (June 21–22, 2019). TSATU. Melitopol: Sole Proprietor Odnoroh T. V., 2019. Part 1, pp. 99–102.

УДК 664.8.02:635.25

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТА РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЯ МАШИНИ ДЛЯ ЧИЩЕННЯ РІПЧАСТОЇ ЦИБУЛІ

**Осипенко В.І. д.т.н., проф., Хандюк М.В. ст. викладач, Ткаченко
Р.В. магістр**

Черкаський державний технологічний університет

Метою роботи є виявлення базових недоліків сучасних машин для чищення цибулі та обґрунтування параметрів і розробка вдосконаленої конструкції машини.

Українська консервна промисловість гостро потребує впровадження високоефективного технологічного обладнання, що ґрунтується на інноваційних підходах і забезпечує підвищення продуктивності, екологічності та раціональне використання ресурсів. У працях В. Іванченкова та З. Чехович досліджено перспективи інноваційного розвитку підприємств галузі [1], тоді як Н. Дуденко і В. Ольховська зосередили увагу на створенні овочевих консервів з покращеною харчовою цінністю [2]. Одним із найпоширеніших продуктів є кабачкова ікра, до складу якої входять, зокрема, кабачки, томатна паста (25%), морква, ріпчаста цибуля, цукор, кухонна сіль, олія, мелений червоний перець та мелений чорний перець. Попри наявні розробки у сфері механізації процесу очищення цибулі, сучасні машини мають низку суттєвих недоліків. Тому актуальною є розробка обладнання для якісного видалення лушпиння та обрізання кінців цибулин із мінімальними втратами їстівної частини, що дозволить отримувати напівфабрикати підвищеної якості для виробництва ікри та інших консервів.

Аналіз чинних патентів і літературних джерел [3, 4, 5] дозволив виявити основні недоліки сучасних машин для очищення ріпчастої цибулі від лушпиння. Досліджені пристрої характеризуються низькою продуктивністю та значними енерговитратами, оскільки у них цибулини подаються невеликими порціями, а процес очищення здійснюється за допомогою стиснутого повітря. У результаті цибулини зіштовхуються із робочими поверхнями очисної камери, що

призводить до видалення не лише лушпиння, але й верхніх шарів їстівної частини. Це суттєво збільшує обсяги відходів. Враховуючи існуючі недоліки, була створена нова конструкція машини, яка забезпечує покращення якості чищення, скорочення кількості відходів і підвищення продуктивності обладнання. Для проектування нової машини, призначеної для очищення ріпчастої цибулі від лушпиння, були проведені відповідні розрахунки, ключові з яких наведені далі.

Згідно завдання на проектування, продуктивність машини повинна бути не менша $Q = 1000$ кг/год. Конструктивно задаємося діаметром шнека: $D = 500$ мм, крок витка шнека буде: $S = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 500 = 400$ мм, коефіцієнт завантаження шнека приймаємо $\varphi = 0,08 \div 0,1$ (припускаємо, що цибуля буде розміщена одним шаром. Тоді $\varphi = 0,1$).

Продуктивність машини визначаємо по формулі:

$$Q = 47,1D^2 \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi \cdot c, \quad (1)$$

де n – число обертів шнека, хв^{-1} ;

ρ – насипна щільність цибулі яка перечищається, $\rho = 650$ кг/м³;

c – коефіцієнт, який враховує нахил шнека до горизонту, для горизонтальних конвеєрів, $c = 1$.

Визначаємо число обертів шнека за формулою:

$$n = \frac{Q}{47,1D^2 \cdot S \cdot \rho \cdot \varphi \cdot c} = \frac{1000}{47,1 \cdot 0,5^2 \cdot 0,4 \cdot 650 \cdot 0,1 \cdot 1} \approx 3,2 \text{ хв}^{-1}. \quad (2)$$

Визначаємо потужність привода шнека машини:

$$N_{\text{ш}} = \frac{Q(L \cdot \omega + H)k}{102\eta} = \frac{0,28(2,2 \cdot 6 + 0)1,25}{102 \cdot 0,75} = \frac{4,62}{76,5} = 0,06 \text{ кВт}, \quad (3)$$

де Q – продуктивність машини, $Q = 1000$ кг/год = $0,28$ кг/с;

L – довжина конвеєра, $L = 22$ м;

ω – коефіцієнт опору руху, $\omega = 1,9 \div 6,3$. Приймаємо $\omega = 6$;

k – коефіцієнт запасу міцності ($k = 1,2 \div 1,3$). Приймаємо $k = 1,25$;

η – коефіцієнт корисної дії привода, $\eta = 0,75$.

Приймаємо потужність привода $N_{\text{ш}} = 0,18$ кВт.

Визначаємо потужність привода для обертання абразивних валиків машини:

$$N_{\text{в}} = \frac{M \cdot \pi \cdot n}{\eta_{\text{заг}} \cdot 30} = \frac{30 \cdot 3,14 \cdot 145}{0,55 \cdot 30} = 83 \text{ Вт} = 0,83 \text{ кВт}, \quad (4)$$

де M –момент обертання валика, $M = (25 \div 30)$ Н · м. Приймаємо $M = 30$ Н · м;

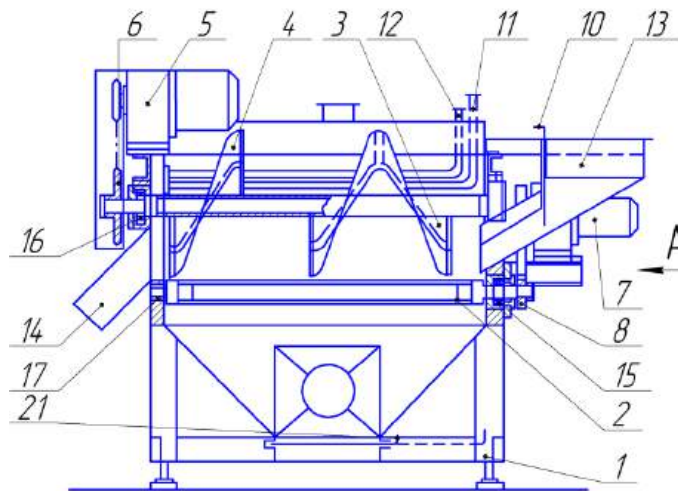
n – швидкість обертання валиків $n = 140 \div 150 \text{ хв}^{-1}$. Приймаємо $n = 145 \text{ хв}^{-1}$;

$\eta_{\text{заг}}$ – загальний коефіцієнт корисної дії приводу, $\eta_{\text{заг}} = 0,55$.

Приймаємо потужність привода $N_{\text{в}} = 1,1$ кВт. Вибираємо мотор-редуктор типу МЦ2С-63-71-1.1.

Нова конструкція машини для чищення ріпчастої цибулі від лушпиння представлена на рис. 1, 2.

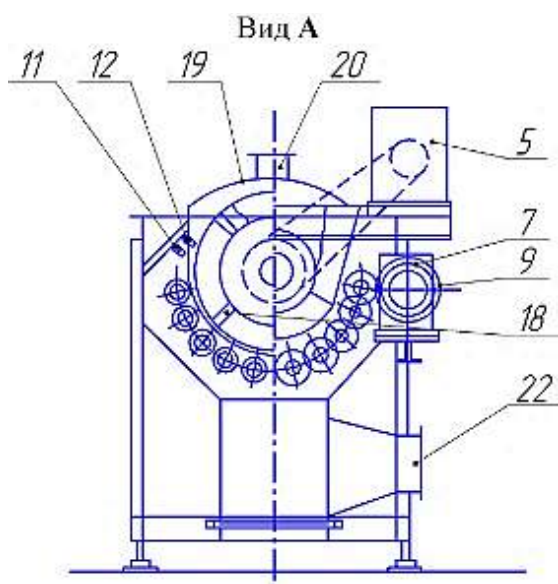
Основним елементом робочого механізму машини для очищення виступають абразивні ролики. Ці ролики, що мають вигляд порожнистих валів, оснащені шаром абразивного матеріалу завтовшки 10–12 мм на своїй поверхні. Ролики розташовуються по дузі певного радіусу, утворюючи батарею з абразивним покриттям. Кожна пара роликів обертається в протилежних напрямках завдяки зубчастим колесам 8, які отримують обертальний рух від приводу 7 через шестерню 9. Для забезпечення можливості зняття будь-якого зношеного абразивного ролика без розбирання машини, корпус підшипникового вузла 15 виконується з діаметром, більшим за діаметр самого абразивного ролика. У разі необхідності достатньо відкрутити чотири гвинти, які фіксують корпус підшипника до каркаса 1. Після цього абразивний ролик легко витягується разом із корпусом підшипника, оскільки його інша шийка підтримується підшипником ковзання 17.



1 – каркас; 2 – ролики абразивні; 3 – шнек; 4 – терка гвинтова; 5 – привід шнека; 6 – ланцюгова передача; 7 – привід абразивних роликів; 8 – зубчасте колесо; 10 – заслінка; 11 – водяний колектор; 12 – повітряний колектор; 13 – завантажувальний бункер; 14 – розвантажувальний лоток; 15 – підшипниковий вузол; 16 – підшипниковий вузол; 17 – підшипник ковзання; 21 – шибер

Рис. 1. Машина для чищення ріпчастої цибулі від лушпиння

На рис. 2 показаний вид А машини.



5 – привід шнека; 7 – привід абразивних роликів; 9 – шестерня; 11 – водяний колектор; 12 – повітряний колектор; 18 – ролики абразивні; 19 – кришка; 20 – витяжна труба; 22 – патрубок

Рис. 2. Вид А машини для чищення ріпчастої цибулі від лушпиння

Одним із ключових робочих елементів машини є шнек 3, що виконує функцію переміщення цибулин по абразивній поверхні від зони завантаження до зони вивантаження. Вал шнека закріплений у підшипникових вузлах 16 і приводиться в рух через ланцюгову передачу 6, з'єднану з приводом 5. На витках шнека по всій його довжині за допомогою болтів закріплені гвинтові терки 4, розмір яких відповідає кроку шнека. Гвинтова терка складається з витків, виготовлених із листової нержавіючої сталі товщиною від 0,8 до 1 мм з дрібною насічкою. Її конструкція спрямована на злегка надиривання шкірки цибулин, що покращує процес їх очищення за рахунок використання абразивної поверхні роликів. Оскільки терка створюється з тонкого листового матеріалу, для підвищення її міцності та стійкості при контакті з цибулинами до основного шнеку приварюють пластини з отворами. Ці отвори дозволяють закріплювати терку за допомогою чотирьох болтів. Гвинтова терка, виконана у вигляді окремих витків, є змінним елементом конструкції, що дозволяє легко замінити її на нову у випадку деформації або зношування насічки. Кришка 19 виконує функцію захисту рухомих частин машини та сприяє відведенню через витяжну трубу 20 газів із запахом фітонцидів, які виділяються з цибулин під час процесу очищення. Водяний колектор 11 забезпечує подачу води для санітарної обробки робочих елементів пристрою, а повітряний колектор 12 використовується для подачі стисненого повітря, спрямованого на очищення цибулі, щоб видалити залишки лушпиння з поверхні робочих органів.

Висновок.

За результатами аналізу недоліків властивих сучасному обладнанню розроблено нову конструкцію машини для очищення ріпчастої цибулі, яка має низку інноваційних рішень. Машину можна інтегрувати в технологічні лінії

консервних підприємств для підготовки обсмаженого та протертого напівфабрикату з ріпчастої цибулі.

Список використаних джерел

1. Іванченков В.С., Чехович З.В. Перспективи інноваційного розвитку консервного виробництва в Українському Причорномор'ї. Економічні інновації. 2015. № 60 (1). С. 154–171.
2. Дуденко Н.В., Ольховська В.С. Математичне моделювання овочевих консервів із заданими споживчими властивостями. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2013. № 1 (977). С. 116–122.
3. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.О. Верхоланцева, Н.О. Паляничка, Є.В. Михайлов, О.О. Червоткіна Мелітополь:, 2021. 445 с.
4. Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. Технологічне обладнання консервної промисловості: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 284 с.
5. Хандюк М.В. Удосконалення машини для обрізання кінців ріпчастої цибулі / М.В. Хандюк // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: Міжнародна науково-практична конференція (Харків – Мелітополь – Кирилівка, 8-11 вересня 2015 р.[тези]). – Харків: ХДУХТ, 2015. – Ч. 4. – С. 196-197.
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdTExn4IFLdu_qcoU6fjHr-djA3Cb3GneinNc-9n62NXVEqng/viewform

ДК 664.8.022.32:635.64

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ УНІВЕРСАЛЬНОГО НАПОВНЮВАЧА ДЛЯ ПЛОДІВ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА КОНСЕРВОВАНИХ ТОМАТІВ

Мізнік Л.Н. к.т.н., доц., Хандюк М.В. ст. викладач, Макодеба О.С. магістр

Черкаський державний технологічний університет

Мета роботи полягає у науковому обґрунтуванні раціональних конструктивних та технологічних параметрів, а також у розробці нової інженерної конструкції універсального наповнювача для плодів у лініях виробництва консервованих цілих томатів.

На основі аналізу патентних джерел та спеціалізованої наукової літератури [1-4] встановлено, що більшість сучасних наповнювальних машин характеризуються підвищеними енерговитратами, недостатньою продуктивністю та обмеженою універсальністю щодо типорозмірів тари та асортименту продукції. Зазначені недоліки зумовлюють необхідність модернізації конструкцій і розробки універсального обладнання з оптимізованими робочими вузлами.

Відповідно до технічних вимог проектування [3] встановлено цільовий показник продуктивності – не менше $Q = 120$ банок/хв. Універсальність

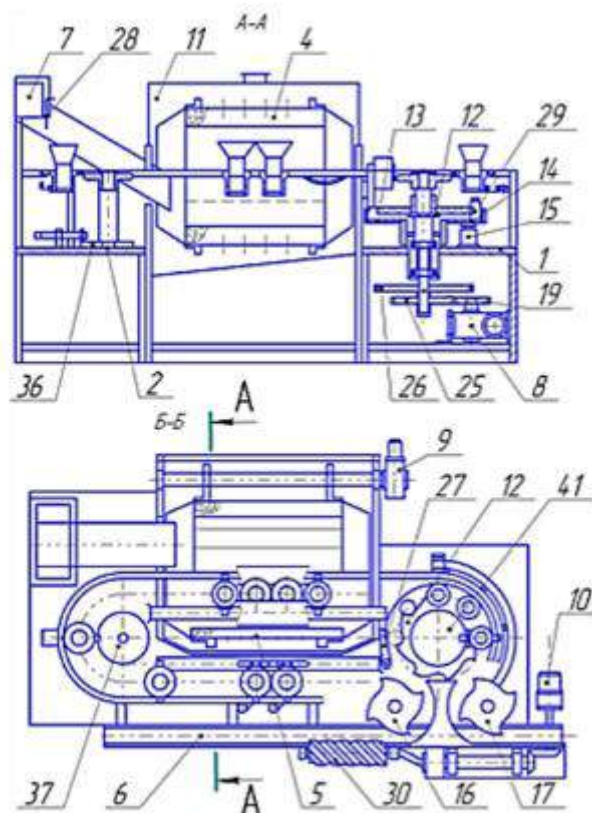
забезпечується можливістю роботи з консервною тарою місткістю 0,5–1,0 л (скляною та жерстяною), а також з різними видами плодів і овочів з максимальною лінійною характеристикою до 65 мм (томати, огірки, вишня, черешня, слива, зелений горошок).

Використовуючи інженерні методи проєктування та емпіричні дані щодо дозування плодів у рідкому середовищі, визначено геометричні параметри телескопічних дозаторів. Конструкція забезпечує регулювання робочого об'єму в межах 492–1012 см³, що дозволяє виконувати точне дозування продукції залежно від типорозміру банки та середньої маси плоду.

Для підвищення експлуатаційної надійності та зменшення кінематичної складності апарата в конструкції застосовано три незалежні електромеханічні приводи: привод пластинчастого транспортера, привод переміщення дозуючої системи та привод обертання барабана. Подібна компоновка мінімізує кількість відкритих передач і забезпечує можливість формування компактних приводних модулів на основі мотор-редукторів, що монтуються безпосередньо на вали робочих органів.

У результаті кінематичних, динамічних та міцнісних розрахунків визначено необхідні потужності приводів з урахуванням маси плодів, гідродинамічного опору у робочій ванні, сил інерції при цикловому відкриванні заслінок дозаторів та навантажень, що виникають під час обертання карусельного механізму.

Загальний вигляд універсального наповнювача представлений на рис. 1.



1 – фасувальна карусель; 2 – ролики дозаторів; 4 – барабан; 5 – ланцюговий транспортер; 6 – пластинчатий транспортер; 7 – бункер; 8 – привід каруселі; 9 – привід барабана; 10 – привід пластинчатого транспортера; 11 –

кришка; 12 – зірочка для центрування банок; 13 – стіл нерухомий; 14 – вібруючий сектор; 15 – електровібратор; 16 – зірочка, що приймає банки; 17 – зірочка, що виводить банки; 19 – вал вертикальний; 25 і 26 – зубчасті колеса; 27 – важіль; 28 – заслінка; 29 – банка; 30 – шнековий роздільник банок; 36 – натяжний пристрій; 37 – натяжна зірочка; 41 – приводна зірочка

Рис. 1. Загальний вигляд універсального наповнювача

Конструктивною особливістю універсального наповнювача є застосування обертового перфорованого барабана 4, зануреного у ванну з водою, що виконує амортизаційну функцію та запобігає механічним пошкодженням плодів. Лопаті барабана встановлені під оптимізованими кутами до твірної циліндра, що забезпечує рівномірне переміщення плодів вздовж усієї довжини барабана та їх точне спрямування в дозатори. Система дугового золотника виконує функцію стабілізації траєкторії руху плодів, що підвищує точність дозування

Транспортно-орієнтуючий вузол складається з пластинчастого транспортера 6, шнекового розподільника 30 та системи зірочок 12 для центрування тари. Направляючі елементи мають можливість багатовісного регулювання, що дозволяє швидко адаптувати машину до різного діаметра та висоти банок без потреби заміни окремих частин.

Процес фасування реалізується на карусельній платформі 1, яка забезпечує синхронізацію руху тари від моменту її подачі до моменту заповнення та передавання на подальшу операцію – наповнення заливкою. Вібруючий сектор 14, що працює від електровібратора 15, забезпечує ущільнення плодів у банці, покращуючи коефіцієнт заповнення без механічного травмування продукту.

Для забезпечення безпечної експлуатації передбачена система автоматичного блокування типу «немає банки – стоп», що запобігає холостому відкриттю дозаторів і зменшує втрати продукції.

Запропонована конструкція наповнювача дає змогу реалізувати модульний принцип збирання: робочі вузли можуть виготовлятися на різних підприємствах, а остаточний монтаж виконується на місці встановлення. Використання стандартних мотор-редукторів спрощує обслуговування й скорочує час наладки.

Висновок.

Розроблена конструкція універсального наповнювача є науково обґрунтованим технічним рішенням, що поєднує підвищену продуктивність, адаптивність до широкого спектра плодово-овочевої продукції та різних типорозмірів тари, а також високу технологічну надійність. Застосування окремих приводів та оптимізованої кінематичної структури сприяє підвищенню енергоефективності та зменшенню експлуатаційних витрат. Запропонований наповнювач може слугувати базовим елементом сучасної високопродуктивної лінії з виробництва консервованих цілих томатів та іншої плодово-овочевої продукції.

Список використаних джерел

1. Консервна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2020. – 265 с.
2. Автофій Н. М. Проблеми розвитку плодово-овочеконсервних виробництв в сучасних умовах економіки України. Проблеми матеріальної культури. Економічні науки. С. 109-112. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua>
3. ДСТУ 4697:2006. Томати консервовані. Загальні технічні умови. [Уведено вперше; чинний від 11 грудня 2006 р. № 343]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 12 с.
4. Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. Технологічне обладнання консервної промисловості: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 284 с.

УДК 664.8.02:635.67

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИЙМАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ ТА РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ БУНКЕРА-НАКОПИЧУВАЧА ДЛЯ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ

Мізнік Л.Н. к.т.н., доц., Хандюк М.В. ст. викладач, Шевченко О.І., магістр

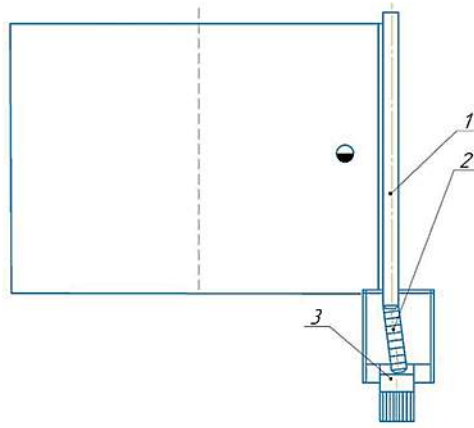
Черкаський державний технологічний університет

Метою роботи є удосконалення приймального відділення цукрової кукурудзи та обґрунтування конструкції нового високопродуктивного бункера-накопичувача, призначеного для рівномірної подачі сировини на машину первинного очищення типу «Хаскер».

Технологічні процеси у харчовій промисловості реалізуються через послідовність операцій, що здійснюються в апаратах відповідної класифікації [1, 2]. Особливістю обладнання для оброблення рослинної сировини є необхідність забезпечення високої якості кінцевого продукту, мінімізації енерговитрат, зменшення пошкоджень, а також відповідності вимогам санітарної та технічної безпеки. Для консервування цукрової кукурудзи застосовуються потокові механізовані лінії, де якість і стабільність роботи початкової ділянки – приймального відділення – визначає ефективність усієї технологічної схеми [3 – 5].

Аналіз існуючої технологічної схеми

На консервному підприємстві ЧВП ТОВ «Віджи Продакшн» (група компаній «Верес») приймання качанів кукурудзи здійснюється за схемою, зображеною на рис. 1. Неочищені качани доставляються самоскидами та подаються на естакаду, після чого вантажним навантажувачем переміщуються на стрічковий транспортер і далі – на елеватор до машини «Хаскер».



1 – естакада; 2 – транспортёр стрічковий; 3 – елеватор
Рис 1. Дільниця приймання цукрової кукурудзи в початках

Виявлені недоліки діючої схеми:

- залежність процесу від вилочного навантажувача, що знижує автоматизацію;
- підвищений ризик механічних пошкоджень качанів від ковша і коліс техніки;
- нерівномірність подачі сировини;
- обмежена продуктивність і недостатня механізація.

Усе це знижує ефективність подальших технологічних операцій та створює передумови для нестабільності роботи «Хаскера»

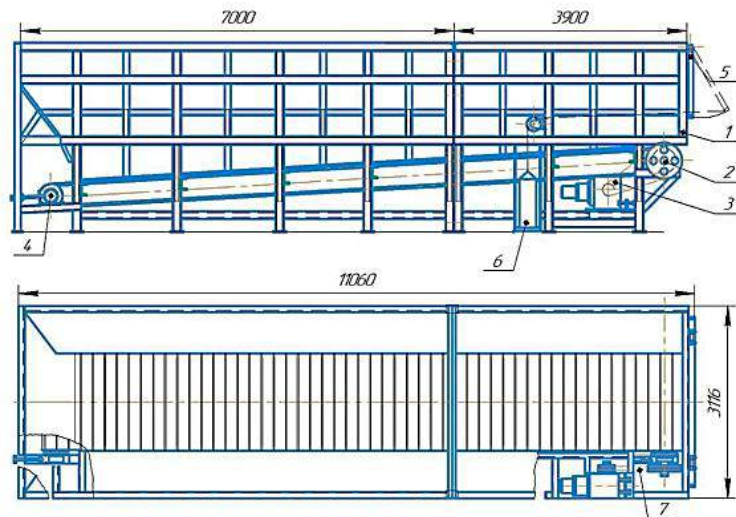
Ціль реконструкції приймального відділення

У рамках технічного переоснащення передбачено:

- встановлення двох бункерів-накопичувачів для акумулювання та рівномірної подачі качанів;
- монтаж естакади для автомобілів з боковим розвантаженням;
- удосконалення вузлів подачі для усунення роботи навантажувача із процесу.

Конструктивне обґрунтування бункера-накопичувача

На рис. 2 подано нову інженерну конструкцію бункера-накопичувача. Всі основні вузли проектувалися з урахуванням навантажень від маси сировини, умов експлуатації та вимог до надійності.



1 – каркас; 2 – привідний вал; 3 – привідна станція; 4 – натяжна станція з натяжним валом; 5 – борт передній; 6 – противаги; 7 – ланцюг

Рис. 2. Бункер-накопичувач для прийому та рівномірної подачі цукрової кукурудзи на «Хаскер»

Каркас

Каркас 1 – це просторово-жорстка зварна конструкція із профільної сталі (швелери, прямокутні труби), що забезпечує сприймання статичних та динамічних навантажень від сировини та рухомих елементів.

Привідний вал

Привідний вал 2 приводить у рух пластинчастий настил – робочий орган, що виконує функцію рухомого днища. Конструкція валу включає:

- зварну вісь із сталеві труби $\text{Ø}140 \times 12$ мм;
- посадочні кінці зі сталі 45, $\text{Ø}140$ мм;
- дві зірочки для пластинчастого ланцюга;
- підшипникові опори типу 36324.

Перевага зварної конструкції – зменшення маси та моменту інерції при збереженні міцності.

Привідна станція

Привід формують:

- електродвигун;
- редуктор;
- ланцюгова передача $i = 2,8$.

У передачі використано дворядний ланцюг 2ПР-44,45-25400, що забезпечує високу надійність при значних навантаженнях.

Передній борт із противагами

Передній борт 5 слугує для фіксації верхнього шару кукурудзи під час розвантаження. Конструктивно це металева рама з листовим обшиванням. Плавний притиск забезпечують противаги у вигляді труб $\text{Ø}300$ мм, заповнених піском. Така система мінімізує ударні дії на сировину та підвищує надійність утримання качанів.

Натяжна станція

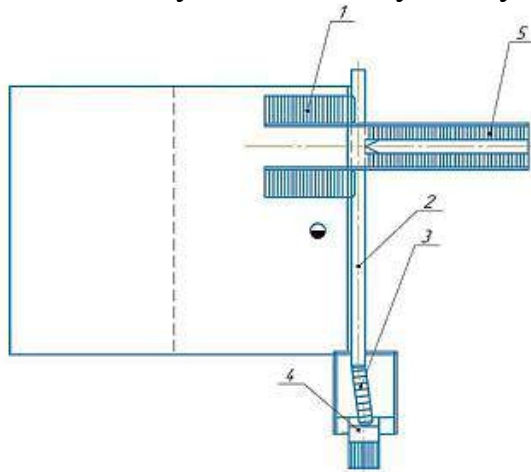
Натяжний вал 4 забезпечує підтримання постійного натягу пластинчастого настилу. Вузол оснащений гвинтовими механізмами для точної юстировки паралельності валів.

Пластинчастий настил

Складається з двох пластинчастих ланцюгів кроком 100 мм, на які встановлено швелери №12. Конструкцією передбачено мінімальні проміжки між пластинами (8 мм), проте для виключення ситуацій, коли качани можуть потрапити у зазор при проходженні через зірочки, застосовано гнучку транспортерну стрічку, що перекриває можливі збільшені щілини.

Модернізована схема приймального відділення

На рис. 3 представлено оновлену технологічну схему.



1 – естакада; 2 – транспортер стрічковий; 3 – елеватор;
4 – машина для чищення початків кукурудзи; 5 – місце знаходження робітника; 6 – естакада металева для автомобілів; 7, 8 – приймальні бункери-накопичувачі

Рис. 3. Модернізована схема дільниці приймання цукрової кукурудзи в початках

Після лабораторного контролю якості автомобіль рухається естакадою 6 і здійснює бокове розвантаження безпосередньо у бункери-накопичувачі 7 і 8. Звідти качани подаються на транспортер 2, далі – на елеватор 3 та в «Хаскер» 4.

Переваги модернізованої схеми

- повна незалежність процесу від навантажувача;
- усунення пошкоджень обгортки та качанів;
- підвищення рівня механізації та автоматизації;
- стабілізована, рівномірна подача сировини на очисні машини;
- підвищення продуктивності ділянки та зниження затрат.

Висновок.

Розроблено технічно обґрунтовану та удосконалену конструкцію бункера-накопичувача й модернізовано схему приймального відділення для оброблення цукрової кукурудзи в качанах. Запропоновані інженерні рішення дозволяють підвищити ефективність первинної підготовки сировини, зменшити її пошкодження та стабілізувати подачу на машину «Хаскер».

Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію процесів видалення відходів та підвищення рівня автоматизації підготовчої стадії технологічної лінії.

Список використаних джерел

1. Консервна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О.В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2020. 265 с. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/31603>.
2. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.О. Верхоланцева, Н.О. Паляничка, Є.В. Михайлов, О.О. Червоткіна. Мелітополь, 2021. 445 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/14736>.
3. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: Підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко, В. О. Верхоланцева, Н. О. Паляничка, Є. В. Михайлов, О. О. Червоткіна. – Київ: ПрофКнига, 2021. – 468 с.
4. Черевко О.І., Поперечний А.М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник, 2-е видання, доп. та випр. Харків : Світ Книг, 2014. 495 с. URL: https://vpusp.vn.ua/wp-content/uploads/2023/01/cherevko_poperechnyy_protsey_i_aparaty_kharchovykh_vyrobnytstv.pdf.
5. Гніщевіч В.А., Никифоров Р.П., Слащева А.В. Г 56 Харчові технології. Технологія продуктів рослинного походження [Текст] : навч. посібник. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. – 267с.

Секція 8

**НАДІЙНІСТЬ І МІЦНІСТЬ
МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА
БУДІВНИЦТВО В АПК**

УДК 728.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Кутафіна Д.Е., студентка; Шептун С. Ю. к.т.н., доц.

Держаний біотехнологічний університет

Розглянуто актуальність енергозбереження в будівництві та його значення для економічного, екологічного й соціального розвитку. Проаналізовано сучасні технології енергоефективності, міжнародний досвід і стан впровадження в Україні. Показано переваги переходу до енергоощадних будівель та їхній внесок у сталий розвиток держави.

Проблема енергозбереження сьогодні є однією з ключових у світовій економіці.

Будівельна галузь споживає близько **40% усієї виробленої енергії**, що робить її головним об'єктом для оптимізації енергоспоживання. У сучасних умовах енергетичної кризи, зростання цін на енергоносії та необхідності зменшення шкідливих викидів у атмосферу питання **енергозбереження в будівництві** стає пріоритетним для сталого розвитку суспільства.

В Україні значна частина житлового фонду була зведена за старими технологіями, без належної теплоізоляції та контролю енергоспоживання. Це призводить до великих тепловтрат і зайвих витрат енергоресурсів. Саме тому розробка та впровадження енергоефективних технологій у будівництві — **один із найважливіших кроків до енергетичної незалежності країни**.

Енергозбереження — це система технічних, організаційних та економічних заходів, спрямованих на раціональне використання енергоресурсів.

Його важливість проявляється у трьох основних аспектах:

1. Економічне значення:

Зниження витрат на опалення, освітлення та вентиляцію будівель.

Економія коштів під час експлуатації споруди.

Підвищення вартості енергоефективного житла на ринку нерухомості.

2. Екологічне значення:

Зменшення споживання газу, вугілля та нафти.

Зниження викидів CO₂ та інших забруднюючих речовин.

Формування екологічно безпечного середовища проживання.

3. Соціальне значення:

Підвищення рівня комфорту мешканців.

Зменшення залежності від зовнішніх енергоресурсів.

Розвиток культури енергозбереження серед населення.

Таким чином, **енергозбереження в будівництві — це не просто технічне питання, а стратегічна складова розвитку держави.**

Основні принципи енергоефективного будівництва:

1. Комплексний підхід до проєктування:

Усі елементи будівлі мають бути взаємопов'язані в єдину енергетичну систему.

Враховується орієнтація будівлі щодо сторін світу, природне освітлення та вентиляція.

2. Теплова ізоляція:

Якісні теплоізоляційні матеріали (мінеральна вата, пінополістирол, ековата) дають змогу знизити втрати тепла до 50%.

3. Енергоефективні вікна та двері:

Використання багатокамерних профілів, енергозберігаючих склопакетів і герметичних ущільнювачів.

4. Системи вентиляції з рекуперацією тепла:

Вони дозволяють повертати тепло з відпрацьованого повітря, зменшуючи навантаження на систему опалення.

5. Автоматизація процесів:

Використання “розумних” систем керування опаленням, освітленням та кондиціонуванням знижує енергоспоживання до 30%.

Сучасні технології енергозбереження:

1. Пасивні будинки (Passive House):

Це будівлі, які практично не потребують додаткового опалення. Завдяки високій ізоляції, щільності огорожувальних конструкцій і вентиляції з рекуперацією тепла споживання енергії знижується до мінімуму.

2. Відновлювані джерела енергії:

- Сонячні панелі (фотоелектричні системи) для виробництва електроенергії.
- Сонячні колектори для нагріву води.

Теплові насоси, що використовують тепло повітря, ґрунту або води.

3. «Зелені» дахи та фасади:

Озеленення дахів зменшує перегрів будівель улітку, підвищує звукоізоляцію та поліпшує екологічний мікроклімат міста.

4. Енергоефективні матеріали:

Використання сучасних матеріалів із низькою теплопровідністю (газобетон, SIP-панелі, керамічні блоки) та екологічних утеплювачів природного походження.

Міжнародний досвід і українські реалії

У країнах Європейського Союзу з 2021 року всі нові будівлі повинні бути майже нульового енергоспоживання (nZEB).

У таких країнах, як Німеччина, Данія, Нідерланди та Швеція, уже діють стандарти «пасивних» і «зелених» будинків.

В Україні також спостерігається позитивна динаміка:

Програма «Енергодім» (Фонд енергоефективності України) підтримує утеплення будинків ОСББ.

Державна стратегія передбачає скорочення енергоспоживання у житловому секторі на 30% до 2030 року.

Результати впровадження енергоефективних технологій

Зменшення споживання енергії будівлями на 30–70%.

Скорочення терміну окупності інвестицій до 5–8 років.

Зниження рівня забруднення атмосфери.

Підвищення комфорту проживання та покращення якості повітря в приміщеннях.

Отже, енергозбереження в будівництві — це один із ключових напрямів переходу до сталого розвитку.

Його впровадження дозволяє:

- зменшити енергетичну залежність країни;
- знизити фінансові витрати населення;
- покращити екологічний стан довкілля;
- забезпечити комфорт і безпеку для майбутніх поколінь.

Таким чином, енергоефективність — це не тимчасова тенденція, а необхідність і стратегічний пріоритет держави.

Майбутнє будівництва — це розумні, безпечні та енергозберігаючі будівлі, які поєднують комфорт, економію та турботу про природу.

Список використаної літератури та джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021 – Теплова ізоляція будівель. Міністерство розвитку громад та територій України.

2. Фонд енергоефективності України – Програма “Енергодім”. <https://eefund.org.ua>

3. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). <https://saee.gov.ua>

4. Passive House Institute – офіційний ресурс про пасивні будинки. <https://passivehouse.com>

5. Directive (EU) 2018/844 – Європейська Директива про енергоефективність будівель.

6. Бойко І.І., Енергозбереження в будівництві: теорія і практика. — Київ: КНУБА, 2020.

7. UN Environment Programme – Buildings and Climate Change Report. <https://www.unep.org>

8. Європейська комісія. Nearly Zero-Energy Buildings (nZEB) Standards. <https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings>

9. Energy Efficiency in Buildings. World Green Building Council. <https://www.worldgbc.org>

УДК 692:698

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ У СУЧАСНІЙ ВІКОННІЙ ГАЛУЗІ

Гарагонич М. М. студент, Шептун С. Ю. к.т.н., ст. викладач

Держаний біотехнологічний університет

Сучасні технології у віконній галузі поєднують інженерію, дизайн та екологічну свідомість, перетворюючи вікно на інтелектуальний елемент будівлі. Інноваційні алюмінієві профілі, енергозберігаючі склопакети та «розумне» скло

забезпечують комфорт, безпеку й ефективне використання енергії. Такі рішення формують новий стандарт архітектури — вікно майбутнього, яке є міцним, естетичним і екологічним.

Нові технології у віконній галузі – це симбіоз інженерії, дизайну та екологічної свідомості.

Сьогодні вікно — це не просто отвір у стіні, а високотехнологічний елемент будівлі, який визначає комфорт, безпеку та енергоефективність у просторі.

Алюмінієві конструкції стали серцем сучасної архітектури. Завдяки новим технологіям анодування та порошкового фарбування, алюміній поєднує в собі легкість, міцність і довговічність.

Профілі з інноваційними термовставками мінімізують тепловтрати, перетворюючи метал у теплий матеріал, придатний навіть для пасивних будинків.

Склопакети нового покоління — це не просто скло, а розумна оболонка, що реагує на зовнішні умови. Усередині — високотехнологічні матеріали: інертні гази (аргон, криптон), що зменшують теплопередачу, і тонкі енергозберігаючі покриття (Low-E або мультифункціональні шари), які відбивають теплове випромінювання назад у приміщення взимку та не пропускають спеку влітку.

У контексті енергозбереження сучасне вікно перетворюється на активного учасника екосистеми будівлі. Автоматичні сенсори, сонячні батареї на жалюзі, «розумне скло», що змінює прозорість — усе це створює новий стандарт енергоефективності, де вікно не втрачає, а допомагає накопичувати енергію.

Ще один напрям розвитку віконних технологій — це інтелектуальні покриття скла. Серед них особливу увагу привертають самоочисні та фотохромні поверхні. Самоочисне скло має спеціальний шар, який під дією ультрафіолетового випромінювання розкладає органічні забруднення та не дозволяє пилу осідати на поверхні. Краплі дощу або конденсату просто змивають залишки бруду, тож скло довше залишається чистим і прозорим без додаткового догляду.

Фотохромні покриття, у свою чергу, реагують на зміну освітлення: при надмірному сонячному випромінюванні вони автоматично затемнюються, створюючи комфортну температуру всередині приміщення та зменшуючи потребу у кондиціонуванні. Коли світло слабшає, скло знову стає прозорим.

Такі технології перетворюють звичайне вікно на «розумний елемент» будівлі, який не лише пропускає світло, а й активно покращує енергоефективність, мікроклімат та естетику сучасного житла.

Ще один важливий аспект — стійкість до руйнування. Алюмінієві системи класу RC2–RC3 гарантують надійний захист від злому.

Загартоване або триплекс-скло забезпечує механічну міцність і безпеку, навіть при сильних ударах або екстремальних умовах. Такі рішення особливо актуальні для сучасних офісних центрів, фасадних систем та приватних будинків.

Висновок

Таким чином, нові технології у віконній галузі — це поєднання інтелекту й матеріалів, де алюміній забезпечує форму, склопакет — функцію, енергозбереження — ефективність, а стійкість — безпеку. Разом вони створюють вікно майбутнього — розумне, міцне й екологічне.

Список використаних джерел

1. Арутюнян І. А., Жамілов О. Д., Веремій Г. Є. Енергоефективна політика в цивільному будівництві: можливості та перспективи застосування // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. – 2023. – Вип. 23. – С. 17–27.
2. Бригілевич В. (ред.). *Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти*. – Львів: ФОП П'ятаков Ю. О., 2016.
3. ДБН В.2.6-33:2018. *Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проєктування*. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2018.
4. ДСТУ 9190:2022. *Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання*. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2023.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. *Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія*. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.
6. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. *Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків*. – Київ: Мінрегіон України, 2015.
7. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017 р. № 2118-VIII // *Голос України*. – 2017. – № 134. – С. 18.
8. Іванова Л. С. Енергоефективні інновації у будівництві // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. – 2018. – Вип. 52. – С. 302–306.
9. Кицкай Л. І. Енергоефективність в Україні: аналіз, проблеми та шляхи підвищення // *Інноваційна економіка*. – 2013. – № 3(41). – С. 32–37.
10. Ковальський В. П. Енергозбереження при реконструкції житлової секції застарілої серії // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – 2013. – № 2. – С. 116–118.

УДК 621.178

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В ЗОНІ ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Чорноног А. Ю. студентка, Свіргун О. А. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є розробка та обґрунтування методики оцінки мінімальної товщини мастильного шару у зоні зачеплення зубчастих передач,

що працюють в умовах рясного змащування для забезпечення довговічності, надійності та ефективності їх роботи.

У сучасних редукторних системах, що працюють в умовах рясного змащування, важливу роль відіграють контактнo-гiдродинамiчнi явища в зонi зачеплення зубчастих колiс. Ефективнiсть роботи таких механiзмiв значною мiрою залежить вiд здатностi мастильного шару забезпечувати роздiлення поверхонь, зменшувати тертя та запобiгати зносу.

Оцiнка мiнiмальної товщини мастильного шару h_{min} в зубчастому зачепленнi є критично важливою для забезпечення надiйностi, довговiчностi та ефективностi роботи передачi [3].

Головна мета такої оцiнки — визначити режим мащення, який безпосередньо впливає на знос i втрати потужностi.

При роботi зубчастої передачi може бути декiлька варiантiв мащення:

- поверхнi повнiстю роздiленi мастилом. Знос мiнiмальний (лише внаслiдок втоми матерiалу), термiн служби максимальний. Це iдеальний режим.
- поверхнi роздiленi тонким(змiшаним) шаром, як слiдство є частий контакт виступiв шорсткостi. Це спричиняє абразивний та адгезiйний знос, що значно скорочує термiн служби передачi.
- занадто тонкий шар мастила. Граничний або сухе тертя i, як слiдство, негайний i швидкий знос, високий ризик заiдання (схоплювання) поверхонь. А це може призвести до катастрофiчного руйнування передачi.

Точна оцiнка мiнiмальної товщини мастильного шару h_{min} дозволяє уникнути цих небезпечних режимiв.

Теоретичною основою для розрахунку мiнiмальної товщини мастильного шару є рiвняння руху мастильної рiдини в зазорi мiж взаємно перемiщуваними поверхнями з рiзною кривизною. Мiнiмальна товщина мастильного шару визначається на основi рiвняння руху мастильної рiдини в зазорi мiж поверхнями, що перемiщуються одна вiдносно одної та мають рiзну кривизну. Формування масляного клина залежить вiд геометрiї зубцiв, радiусiв кривизни робочих поверхонь i локальних деформацiй у зонi контакту, якi виникають пiд дiєю гiдродинамiчного тиску.

У першому наближеннi деформацiї можна вважати пропорцiйними тиску, а для бiльш точного визначення застосовується формула Штаєрмана, яка враховує коефiцiєнт Пуассона, модуль пружностi та взаємний вплив тиску по всiй зонi контакту на деформацiї в конкретнiй точцi.

$$\delta(x) = \frac{1 - \nu^2}{\pi E} \int \frac{p(\xi)}{|x - \xi|} d\xi$$

- де $\delta(x)$ — вертикальна деформацiя в точцi xx ;
 ν — коефiцiєнт Пуассона;
 E — модуль пружностi матерiалу;
 $p(\xi)$ — розподiл контактного тиску в точцi ξ ;

Це інтегральне рівняння дозволяє врахувати вплив тиску в усій зоні контакту на деформацію в окремій точці, що особливо важливо для зубчастих передач.

При роботі зубчастих коліс в умовах ясного змащування в зоні зачеплення виникають контактні-гідродинамічні ефекти [1].

Рівняння руху мастильної рідини подається у вигляді модифікованого рівняння Рейнольдса [4,5] для плоскої задачі, де в'язкість і товщина шару залишаються під знаком диференціала, оскільки залежать від тиску.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h^3(p)}{\eta(p,T)} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{h^3(p)}{\eta(p,T)} \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6U \frac{\partial h}{\partial x}$$

де $h(x,y)$ — локальна товщина плівки; $\eta = \eta(p,T)$ — динамічна в'язкість;
 U — швидкість.

Розв'язання цього рівняння здійснюється чисельними методами, наприклад, з використанням кінцево-різницевої апроксимації та методу послідовних наближень.

Інтегрування функції розподілу тиску дозволяє визначити навантаження в зачепленні. У разі розбіжності між розрахунковим і заданим значенням несучої здатності виконується коригування зближення робочих поверхонь. При досягненні збігу навантаження на зубці приймається отримане значення мінімальної товщини мастильного шару.

Висновки

Запропонована методика дозволяє не лише оцінити мінімальну товщину мастильного шару, але й сформулювати вимоги до шорсткості робочих поверхонь та ступеня очищення мастила в редукторних системах. Це сприяє підвищенню довговічності та надійності зубчастих передач, особливо в умовах високих навантажень і тривалого терміну експлуатації.

Список використаних джерел

1. Hamrock B. J., Schmid S. R., Jacobson B. O. *Fundamentals of Fluid Film Lubrication*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 2004.
2. Pinkus, Oscar, and Benjamin Sternlicht. *Theory of Hydrodynamic Lubrication*. McGraw-Hill, 1961
3. Lubrication Reliability and Evolution Laws of Gear Transmission Considering Uncertainty Parameters Jiaxing Pei, Yuanyuan Tian, Hongjuan Hou, Yourui Tao, Miaojie Wu, Leilei Wang. *Lubricants*, Vol. 13, Issue 9, 2024.
4. Dowson D. *Elastohydrodynamic Lubrication* / Dowson D., Higginson G.R. — Oxford: Pergamon Press Ltd, 1977. — 320 p.
5. Свіргун О. А., Гусев О. В., Коломієць В. В., Свіргун В. П. Дослідження впливу напряду навантаження на робочі характеристики гумометалевих підшипників ковзання. *Вісник Харківського національного технічного*

університету сільського господарства, Вип. 205 «Проблеми надійності машин». 2019. С. 243-248.

УДК 621.791.14, 539.42

ВТОМНА МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ У МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯХ

Іванова Т. С. студ., Свіргун О. А. к.т.н., доц., Савченко В.Б., к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Метою роботи є розробка та обґрунтування комплексного підходу до оцінки втомної міцності та надійності зварних з'єднань у металоконструкціях, прогнозування ресурсу зварних конструкцій

Зварні конструкції є основою сучасного машинобудування та будівництва, забезпечуючи можливість створення складних і великогабаритних споруд. Проте саме зварні з'єднання залишаються найбільш вразливими елементами конструкцій, особливо щодо втомних пошкоджень [1]. Повторювані навантаження, навіть за відносно невеликих динамічних напружень, здатні спричинити зародження та розвиток тріщин у зоні шва. Це явище набуває особливої актуальності при використанні високоміцних сталей, коли підвищення межі текучості не супроводжується відповідним зростанням втомної міцності.

Втомна поведінка зварних з'єднань має випадковий характер. Навіть у контрольованих лабораторних умовах спостерігається значне розсіювання показників довговічності. У реальних умовах експлуатації напруження часто мають стохастичну природу, що ускладнює прогнозування ресурсу [2,3]. Тому сучасна практика розрахунків дедалі більше спирається на статистичні та ймовірнісні методи. Критерієм стає не коефіцієнт запасу, а ймовірність відмови, яка визначає надійність конструкції. Співвіднесення ймовірності відмови з її наслідками формує поняття ризику, що дозволяє застосовувати ризик-орієнтовані підходи до контролю та експлуатації.

Одним із ключових чинників, що визначають опір втомі зварних з'єднань, є залишкові напруження. Вони виникають унаслідок різких температурних перепадів, структурних перетворень та пружнопластичних деформацій у зоні шва. Їхня величина може досягати і навіть перевищувати межу текучості основного матеріалу. Вплив залишкових напружень різко зростає при наявності концентраторів напружень. У таких випадках межа витривалості може змінюватися у кілька разів як у бік підвищення (при стискуючих залишкових напруженнях), так і у бік зниження (при розтягуючих). Відповідно, довговічність зварних з'єднань може варіюватися в десятки разів.

Особливої уваги потребують зони концентраторів: залишкові напруження тут можуть зберігатися навіть після навантаження до рівнів, близьких або вищих за межу витривалості. Якщо шов виконано якісно та піддано механічній обробці, втомна міцність визначається переважно якістю металу шва та перехідної зони.

Водночас дефекти зварювання (непровари, пори, тріщини) створюють небезпечні концентрації напружень, що різко знижують ресурс конструкції.

Характеристики опору втомі елементів конструкцій зі зварними з'єднаннями визначаються за ймовірністю відмови, враховуючи параметри розподілу межі витривалості та рівняння медіанної кривої втоми.

Розрахункова крива втоми для ймовірності відмови $R\%$ дозволяє визначити граничну кількість циклів навантаження залежно від амплітуди напруження. Саме таку методику розрахунків пропонується використати для аналізу можливостей конструктивного удосконалення барабану зернового сепаратора [4,5].

Висновки

Таким чином, забезпечення довговічності та надійності зварних конструкцій потребує комплексного підходу, що включає:

- врахування стохастичного характеру втомних процесів;
- оцінку та контроль залишкових напружень;
- застосування ймовірнісних методів розрахунку;
- впровадження ризик-орієнтованих стратегій контролю.

Поєднання цих підходів дозволяє оптимізувати конструкції, уникати надмірного збільшення розмірів елементів та забезпечувати високий рівень надійності при мінімальних витратах.

Список використаних джерел

1. Lassen T., Récho N. Fatigue Life Analyses of Welded Structures. Cambridge: Woodhead Publishing, 2006.
2. Савченко В.Б., Свіргун О.А., Іванов В.І., Концевич О.А., Шевченко І.В. Використання методів статистичного моделювання при прогнозуванні надійності ведучих мостів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. №13. С. 248-252.
3. Алфьоров О. І., Савченко В. Б., Свіргун О. А. Оцінювання показників надійності на основі результатів випробувань на стендах та в експлуатації. Науковий вісник ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 2. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/402/379>
4. Свіргун О. А., Савченко В. Б., Свіргун В. В., Іванова Т. С. Дослідження можливостей конструктивного удосконалення барабану зернового сепаратора. Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 26-27 листопада 2024 р.; Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2024. С. 559-561.
5. Свіргун О. А., Савченко В. Б., Свіргун В. В., Іванова Т. С. Дослідження втомних пошкоджень в зварних з'єднаннях вал сепаратора - маточина барабана. Молодь і індустрія 4.0 в ХХІ столітті: матеріали ХХІ Міжнар. форуму молоді, 10-11 квіт. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 90-91.

УДК 624.072.31

ВПЛИВ ПІДБОРУ ЖОРСТКИХ УПОРІВ НА НАДІЙНІСТЬ ТА МІЦНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК

Петров Анатолій Миколайович, канд. техн. наук, доцент,

Державний біотехнологічний університет

Шрам Олександр Валерійович студент

Державний біотехнологічний університет

Анотація: Розрахунок сталебетонних балок проводиться з жорстким з'єднанням бетону зі сталевією смугою. При виборі кроку жорстких упорів та їх кількості необхідно прагнути оптимізувати конструкцію сталебетонних балок. Оптимізація полягає в тому, щоб максимальні напруження в сталевій смузі дорівнювали її граничному значенню, а зусилля, діюче в упорах, та крок упорів були однаковими.

Однією з найважливіших індустріальних галузей у світі є будівництво, як промислове, так і цивільне. Передбачається постійне збільшення кількості будівельних об'єктів, що зводяться – будівель, споруд і таке інше. У зв'язку з цим виникає необхідність постійного поліпшення міцностних та деформаційних характеристик будівельних конструкцій. Ця необхідність, у свою чергу, призводить як до удосконалення існуючих, так і до виникнення нових будівельних конструкцій та проектних рішень. Одним із таких рішень є використання конструкцій зі сталебетону.

Конструкції з зовнішнім армуванням – напрямок, який швидко розвивається. Багато досліджень [1, 2] проведено з ціллю підвищення міцності бетону. При цьому розглядається як конструктивний, так і технологічний підхід. Конструктивний напрямок розглядає питання раціонального поєднання бетону з арматурою, або використання того чи іншого типу арматури.

Незважаючи на усі переваги сталебетонних конструкцій, існують і певні проблеми, які пов'язані як з виготовленням, так і з конструктивними рішеннями. Для сталебетонних балок такою проблемою є проблема з'єднання бетону та сталевієї смуги. Для з'єднання використовують жорсткі упори, або гнучкі анкери. Розрахунок зусиль, що виникають в них вивчено недостатньо. Таким чином, задача оптимізації сталебетонних балок є актуальною з точки зору підвищення їх надійності та міцності. Для вирішення цієї задачі можна використати як нормативні методи [3], так і попередні дослідження вчених [4].

Запропоновано алгоритм підбору жорстких упорів в сталебетонних балках [4]. Алгоритм дозволяє підбирати кількість та розташування жорстких упорів, якщо відомі характеристики матеріалів, розміри балки та зовнішнє навантаження. В алгоритмі враховано недоліки раніше відомих методик та введені уточнення.

Розрахунок сталебетонних балок проведено з жорстким з'єднанням бетону зі сталевією смугою. Це можливо з використанням жорстких упорів, які будуть

протидіяти зміщенню смуги відносно бетону. Зусилля, які діють на упори, кількість та крок упорів, визначається через кути повороту між двома суміжними упорами. Подовження волоком визначаються також через кути повороту.

Для визначення кутів повороту використано графо-аналітичний метод. Визначення повздовжніх зусиль в алгоритмі реалізовано шляхом обчислення відносних подовжень на тій самій ділянці, де й діють шукані повздовжні зусилля.

Поперечний переріз сталобетонної балки є складеним. Такий переріз поєднує в собі бетон і сталь. Розрахунок такої конструкції проведено по приведеній жорсткості. Геометричні характеристики розглянутого перерізу також є приведеними.

В роботі [4] запропоновано алгоритм підбору жорстких упорів в сталобетонних балках при дії на балку зосередженої сили. В роботі [5] запропоновано алгоритм при дії на сталобетонну балку розподіленого навантаження.

В роботі [6] уточнено алгоритм підбору кількості жорстких упорів для балки зі сталобетону, яка навантажена поперечною зосередженою силою посередині прольоту. Жорсткі упори служать для з'єднання сталевієї смуги з бетоном, що забезпечує їх сумісну роботу. Алгоритм уточнено, виходячи з умови рівності повздовжньої сили в сталевій смузі від дії розрахункового навантаження і максимальної повздовжньої сили, що отримана після встановлення упорів.

В результаті досліджень уточнено алгоритм підбору жорстких упорів в сталобетонних балках. Проведено чисельний експеримент розрахунку кількості жорстких упорів в сталобетонних балках. Зусилля, що діють на упори, і крок упорів однакові. При підборі характеристик сталобетонної балки було отримано максимальну повздовжню силу в смузі. Така ж повздовжня сила була отримана по епюрі повздовжніх сил, отримана після встановлення упорів. Результати показано на рис. 1.

Це дослідження спрямовано на оптимізацію сталобетонних балок. Раціональна кількість і розташування жорстких упорів призведе до економії, як до зменшення необхідної кількості будівельних матеріалів, так і до зниження їх вартості за рахунок зменшення витрат праці, пов'язаних з їх виготовленням та експлуатацією. Такий підхід передбачає практичну цінність і актуальність запропонованих досліджень.

Таким чином проведено чисельний розрахунок кількості та кроку жорстких упорів для раніше підібраних оптимальних характеристик сталобетонної балки. За оптимальні вважаються розміри сталобетонної балки, за яких вона має мінімальну вартість.

Зусилля, що діють на упори та крок упорів однакові, за виключенням крайніх нульових. При підборі характеристик сталобетонної балки було отримано максимальну повздовжню силу в сталевій смузі. Таке ж саме повздовжнє зусилля було отримано по епюрі повздовжніх сил, після розстановки жорстких упорів.

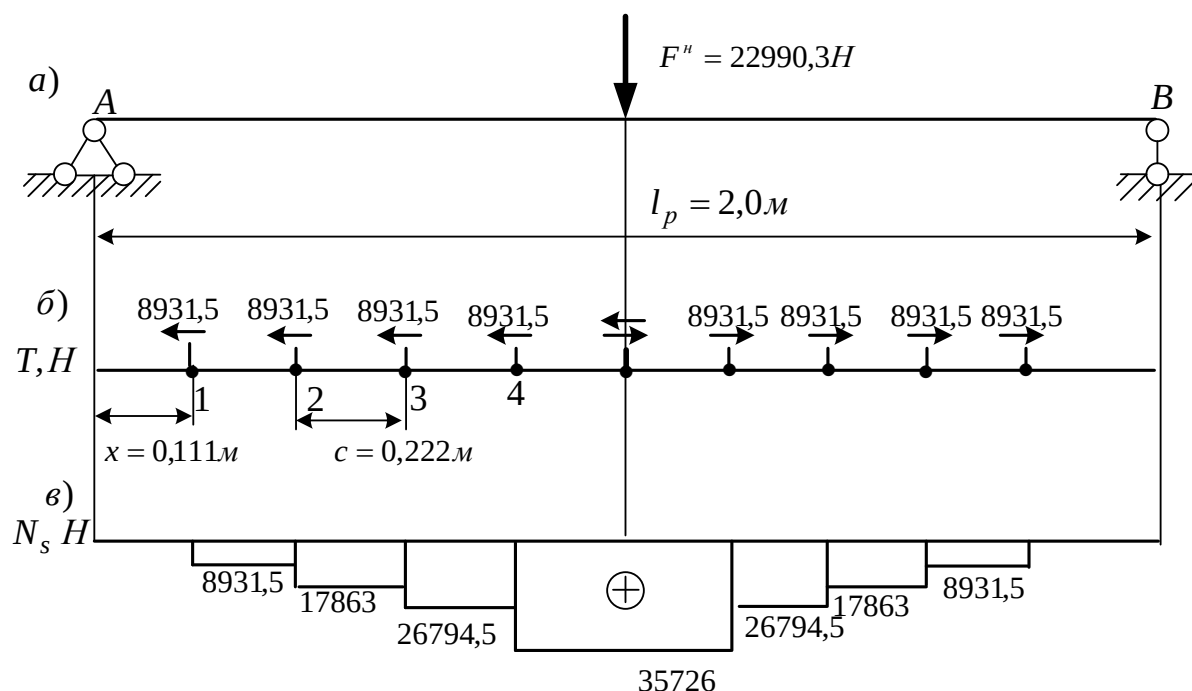


Рис. 1. Розташування упорів та епюра повздовжніх зусиль в сталевій смузі: а – розрахункова схема; б – схема розташування жорстких упорів; в – епюра повздовжніх зусиль.

Література

1. Ying X., Qinghua H., Jie X., Qi G., Yihong W. Experimental and numerical study on static behavior of elastic concrete-steel composite beams // Journal of Constructional Steel Research. 2016. Vol. 123. P. 79–92.
2. Sudhir P. P., Keshav K. S. Tests of steel fibre reinforced concrete beams under predominant torsion // Journal of Building Engineering. 2016. Vol. 6. P. 157–162.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
4. A. Petrov, M. Pavliuchenkov, A. Nanka, A. Paliy. Construction of an algorithm for the selection of rigid stops in steel-concrete beams // Eastern-european journal of enterprise technologies – № 7(97) - 2019 – pp. 43-48.
5. A. Petrov, A. Paliy, M. Pavliuchenkov, H. Tsyhanenko, N. Khobot, I. Vysochin, O. Yurchenko, O. Ovcharenko, D. Sopov, A. Paliy. Construction of an algorithm for the selection of rigid stops in steel concrete beams under the action of a distributed load // Eastern-european journal of enterprise technologies – № 7(105) - 2020 – pp. 27-35.
6. A. Petrov, A. Paliy, A. Naumenko, S. Sheptun, M. Ihnatenko, I. Vysochin, Y. Kononenko, O. Yurchenko, T. Dedilova, A. Paliy Improving the algorithm of choosing spacing and number of stiff supports against a concentrated force in steel-concrete beams // Eastern-european journal of enterprise technologies – № 7(110) - 2021 – pp. 40-47.

УДК 624.072.31

НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ ВІД РУХОМОГО СКЛАДУ

Канд. техн. наук, доцент, Петров Анатолій Миколайович,

Державний біотехнологічний університет

Студент Сергєєва Анастасія Миколаївна

Державний біотехнологічний університет

Анотація: Розроблено конструкцію кріплення рейки до естакади, при якому використовується блок В-1, а для усунення безпосереднього контакту рейки та прогонової будови, укладається блок В-2, що дає змогу забезпечити ефективність способу. Показано розрахунок на міцність запропонованої конструкції.

Блочна конструкція кріплення рейки до естакади має декілька переваг і більш надійна в порівнянні з іншими (рис.1). Така конструкція потребує розрахунку і важливим є визначення навантажень.

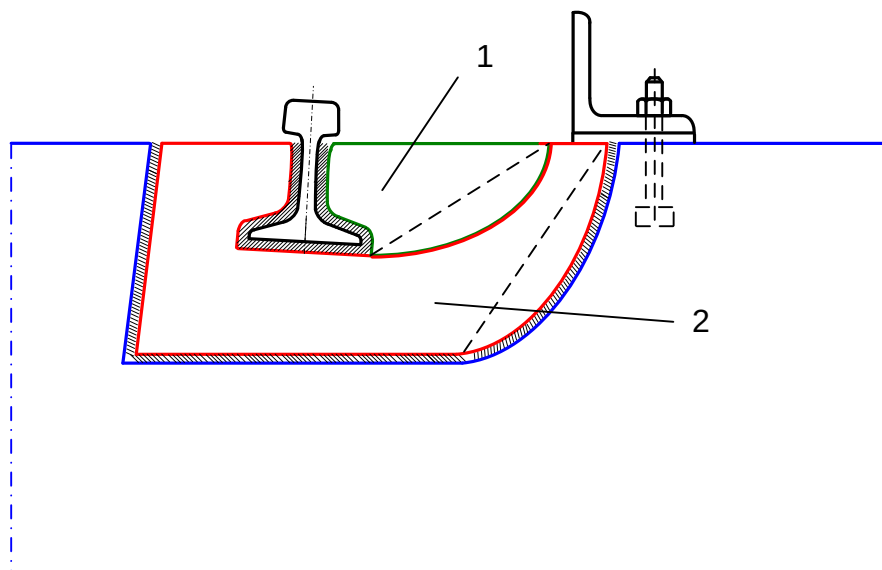


Рис.1 Вузол кріплення рейки до естакади 2

На ширину колії впливає горизонтальне переміщення рейки між блоками «В» і «КВ», а також переміщення блоку «КВ» у пролітній будові. Спочатку визначимо переміщення рейки між блоками «В» та «КВ».

Для цього введемо деякі передумови:

1. Розглядаємо рейку як нескінченно довгу балку на суцільній пружній основі (рис.2).

2. Вважаємо рейку абсолютно жорсткою при згинанні щодо поздовжньої осі. І тут рейка не згинається, лише повертається щодо осі .

3. Передбачається, що коефіцієнти ліжка прокладок у вертикальному та горизонтальному напрямку однакові.

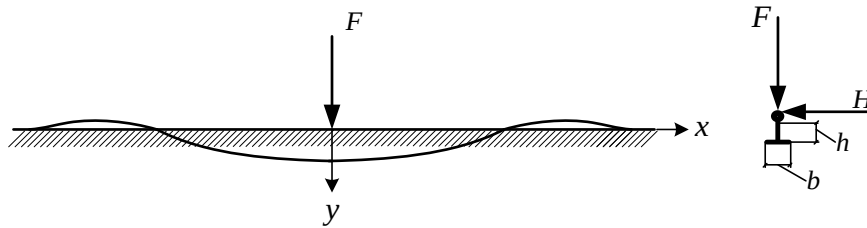


Рис. 2. Балка на суцільній пружній основі

Необхідно визначити переміщення рейки від дії вертикального та горизонтального навантажень (рис.3а). Так як рейка в колії розташована з піддухом, то для спрощення розрахунку наведемо ці навантаження до навантажень, розташованих паралельно (H) і перпендикулярно (F) підшві рейки (рис. 3).

Наведене навантаження, що діє у вертикальній площині, визначатиметься за формулою

$$F = F_B \cdot \cos \alpha + F_r \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

де α - кут підхилю рейки 1:20 ($\alpha = 2,86^\circ$).

F_B - навантаження, що діє у вертикальній площині;

F_r - навантаження, що діє у горизонтальній площині.

Наведене навантаження, що діє в горизонтальній площині, визначається за формулою

$$H = F_r \cdot \cos \alpha - F_B \cdot \sin \alpha. \quad (2)$$

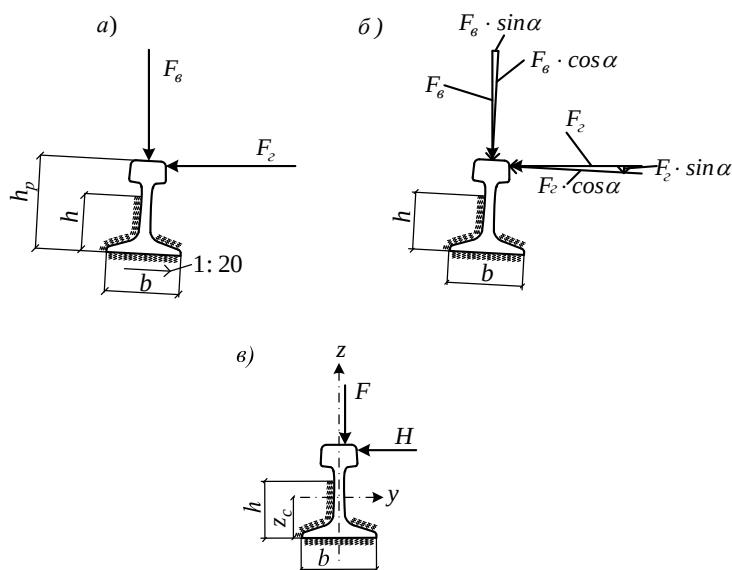


Рис.3. Рейка з діючими в колії навантаженнями

УДК 624.072.31

НАДІЙНІСТЬ ВУЗЛІВ КІПЛЕННЯ РЕЙКИ ДО ЕСТАКАДИ НА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Канд. техн. наук, доцент, Петров Анатолій Миколайович,

Державний біотехнологічний університет

Студент Рибальченко Дмитро Олександрович

Державний біотехнологічний університет

Анотація: Розроблено конструкцію кріплення рейки до естакади, при якому використовується блок В-1, а для усунення безпосереднього контакту рейки та прогонової будови, укладається блок В-2, що дає змогу забезпечити ефективність способу. Перевагами запропонованої конструкції є те, що вона проста у застосуванні, має мінімальну кількість деталей та металу, є стабільною та довговічною, з незначними затратами на поточне утримання, та мінімальними затратами при ремонті, не потребує для її виготовлення замоноличування рейки у конструкцію безбаластної колії на естакадах, що значно зменшує як матеріальні, так і трудові затрати на її виготовлення та демонтаж при ремонті.

Існуючі способи кріплення рейок у безбаластній конструкції колії за кордоном і в нашій країні є багатодетальними та витрачається багато металу. У нашій країні для усунення цих недоліків запропоновано контейнерне кріплення рейок безпосередньо з прогоновими будовами. Така конструкція дозволяє укладати безстикову колію, укладати колію у кривих, стійка проти викиду і при сході рухомого складу з рейок. Але ця конструкція має той недолік, що контейнер вставляється в паз прогонової будови, а прогонова будова під дією динамічних навантажень швидко руйнується. Заміна прогонової будови дорога і трудомістка робота, що потребує значних «вікон».

Для усунення швидкого руйнування прогонової будови запропоновано кріплення «контейнер у контейнері», де відсутнє безпосереднє прикріплення рейок до прогонових будов, а є залізобетонний контейнерний вкладиш, для заміни якого потрібно значно менших грошових та трудових витрат. Крім цього, при необхідності можна проводити заміну тільки рейок, залишаючи контейнерний вкладиш. Таке кріплення також дозволяє укладати безстикову колію, укладати колію у кривих, шлях стійкий проти викиду і при сході рухомого складу з рейок.

Одним із недоліків такого кріплення, так само як і контейнерного, є те, що воно вільно може переміщатися вгору і тримається лише за рахунок сил тертя та власної ваги рейки та вкладиша. При великих динамічних навантаженнях, які викликають значні коливальні процеси, може відбуватися підняття контейнера та контейнерного вкладиша, при цьому порушується стабільність колії.

Безбаластна колія виходячи з умов надійності та міцності конструкції повинна відповідати таким вимогам:

- виключати необхідність жорсткого зв'язку залізобетонної підрейкової основи (прогонової будови) з рейкою;
- допускати можливість заміни підрейкової основи без порушення цілісності рейкових ниток;
- виключати необхідність використання важких колійних машин при ремонтах колії із заміною підрейкової основи;
- допускати можливість використання легких засобів механізації (типу дрезин з краном вантажопідйомністю до 1т і вильотом стріли не менше 1,5м) для заміни підрейкової основи, а також технологій та засобів механізації для заміни рейок;
- мати відкритий на всю висоту знімних елементів підрейкової основи простір між рейковими нитками, розділений на пішохідну доріжку та водозбірний лоток, що полегшує поточний утримання та ремонт колії;
- виключити поняття капітальний ремонт, замінивши його поелементною заміною підрейкової основи та рейок;
- передбачати використання безпідкладкового проміжного скріплення переважно безрізбового, що допускає регулювання рейкової нитки по вертикалі до 10мм, поперек колії 5 мм;
- мати перехідний електричний опір не нижче 1,5 Ом.

З цією метою робиться спроба запропонувати таку конструкцію, в якій була б мінімальна кількість деталей та металу, конструкція повинна бути стабільною, довговічною, з незначними витратами на поточний утримання шляху, з мінімальними витратами при ремонтах. Окрім цього таке рішення підвищить надійність елементів будівельної конструкції залізничної колії на естакадах (рис.1).

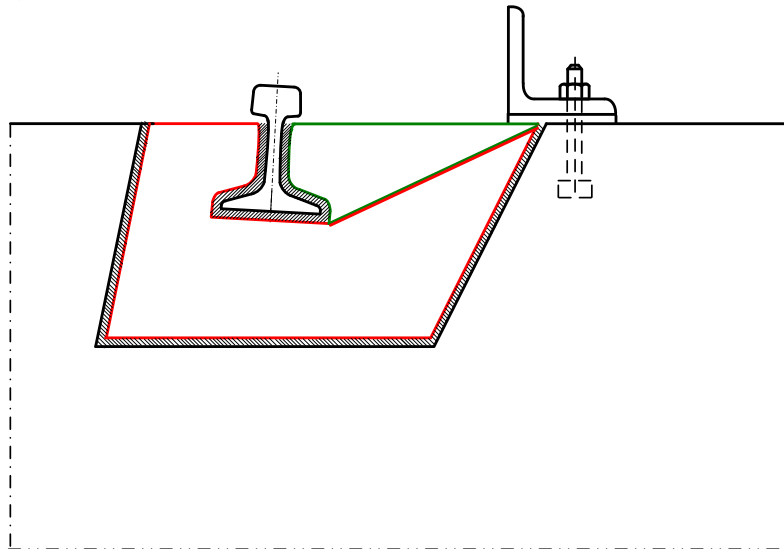


Рис.1 Вузол кріплення рейки до естакади 1

З метою покращення надійності та довговічності роботи даного вузла було запропоновано вдосконалений варіант конструкції, (рис.2).

Недоліками першого способу є те, що в точці встановлення контруктника мають місце гострі кути. Це призводить до концентрації напружень в точці

з'єднання та перешкоджає плавному руху потягу без ударів. Все зазначене робить вузол менш довговічним в експлуатації за рахунок його швидкого зношення.

Порівняльний аналіз заявленого першого та другого варіантів дозволяє зробити висновок, що вузол, який заявляється, відрізняється від прототипу тим, що в запропонованому вузлі одна з сторін блоку 2 має криволінійний обрис та висота і ширина блоку 2 зменшені на 20см, в порівнянні з обраним прототипом. Таке конструктивне рішення дозволяє зменшити витрати матеріалу та підвищити довговічність вузла, що відповідає критерію «новизна».

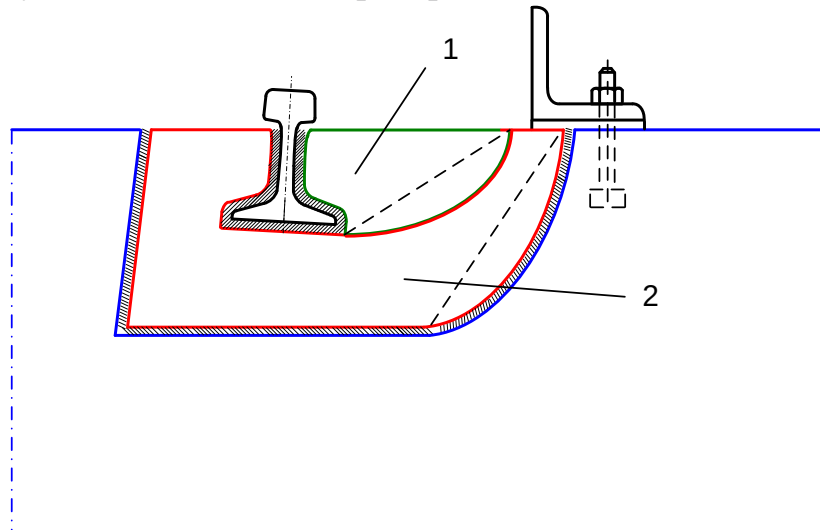


Рис.2 Вузол кріплення рейки до естакади 2

Перевагами другого варіанту є те, що він забезпечує більш якісний контакт рейок і коліс, що призводить до підвищення його надійності. Конструкція вузла проста у застосуванні, має мінімальну кількість деталей та металу, є стабільною та довговічною, з незначними затратами на поточне утримання, та мінімальними затратами при ремонті, не потребує для її виготовлення замонолічування рейки у конструкцію безбаластної колії на естакадах, що значно зменшує як матеріальні, так і трудовитрати на її виготовлення та демонтаж при ремонті. [1-5]

Література

1. Вузол кріплення рейки до естакади Патент на корисну модель №140476 від 25.02.2020.
2. Вузол кріплення рейки до естакади Патент на корисну модель №146177 від 25.02.2021.
3. Вузол кріплення рейки до естакади. Патент на корисну модель №148982 від 05.10.2021.
4. Вузол кріплення рейки до естакади. Патент на корисну модель №152128 від 02.11.2022.
5. Вузол кріплення рейки до естакади. Патент на корисну модель №157791 від 27.11.2024.

УДК 624.012:35:539.38

РОЗКРИТТЯ КОНТАКТУ МІЖ СТАЛЕВОЮ ОБОЙМОЮ ТА БЕТОННИМ ЯДРОМ В БРУСКОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Канд. техн. наук, доцент, Петров Анатолій Миколайович,

Державний біотехнологічний університет

Студент Коротецька Каріна Сергіївна

Державний біотехнологічний університет

Анотація: Брусківі конструкції мають певні переваги в порівнянні із залізобетонними. Це простота в виготовленні, можливість використовувати їх в умовах обмеженої площі, раціональне використання сталі та бетону, надійність в експлуатації. В роботі наведено метод розрахунку брусківих конструкцій. Розрахунок проведено методом сил. Алгоритм розрахунку реалізовано шляхом розкриття контакту між сталеву обоймою і бетонним ядром.

Сьогодні конструкції з бетону й залізобетону одержали широке поширення в промисловому і цивільному удівництві. Подальший їх розвиток має бути пов'язаний з пошуком нових конструктивних рішень, що забезпечують зниження працевитрат і ефективне використання матеріалів. Традиційні залізобетонні конструкції мають ряд істотних недоліків. Один з них - трудомісткість виготовлення. У збірних залізобетонних конструкціях досить гостро стоїть проблема стиків, що вимагають великої кількості закладних деталей. Недолік сталевих конструкцій - можлива втрата загальної й місцевої стійкості стислих елементів і низька вогнестійкість і надійність. Тому все більше місце серед будівельних конструкцій займають сталобетонні, зокрема брусківі конструкції.

Брускова конструкція (рис.1.а) являє собою бетонний брус квадратного або прямокутного перерізу, зовні армований по кутах сталевими кутниками, які жорстко з'єднані поперечними стрижнями - хомутами. Брус закріплений по кінцях шарнірно, завантажений центрально прикладеними силами і рівними, у протилежні сторони спрямованими згинальними моментами (рис. 1.б). Зовнішнє навантаження передається на бетон і сталь одночасно.

Виділимо з розглянутої колони об'ємний сталобетонний елемент із розмірами поперечного переріза a і b , висотою рівною відстані між двома сусідніми хомутами s . За невідомі прийнемо чинності контактної взаємодії між бетонним ядром і кутниками обойми $X_1, X_2, \dots, X_n$. (рис. 2)

Сили контактної взаємодії, що діють між бетонним ядром і сталеву обоймою, визначимо з умов рівності переміщень на границі контакту. Запишемо ці умови у вигляді систем канонічних рівнянь методу сил (1).

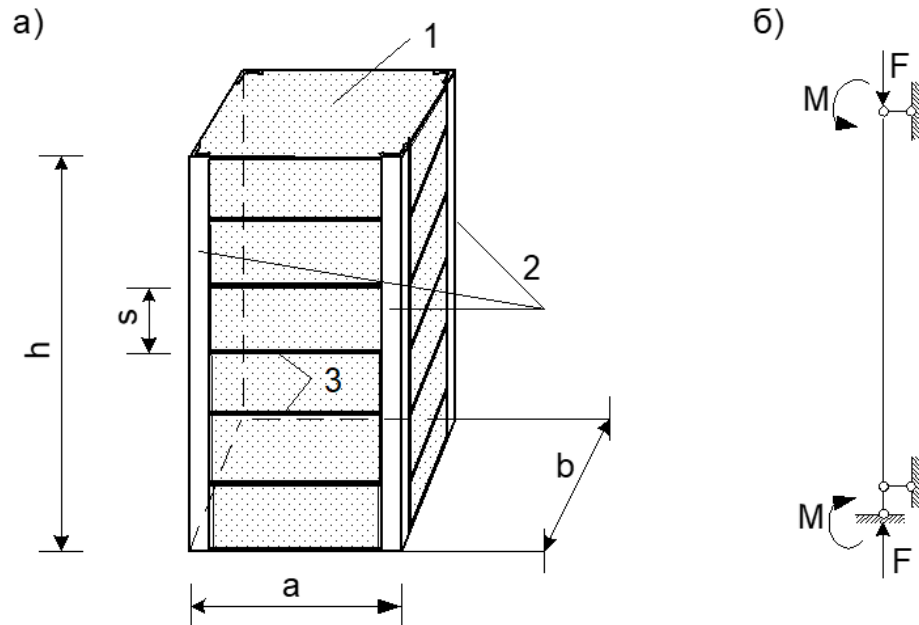


Рис. 1. Схема конструкції бруса й розрахункова схема:
а) схема конструкції бруса: 1 - бетонне ядро;
2 - кутники; 3 - хомути; б) розрахункова схема.

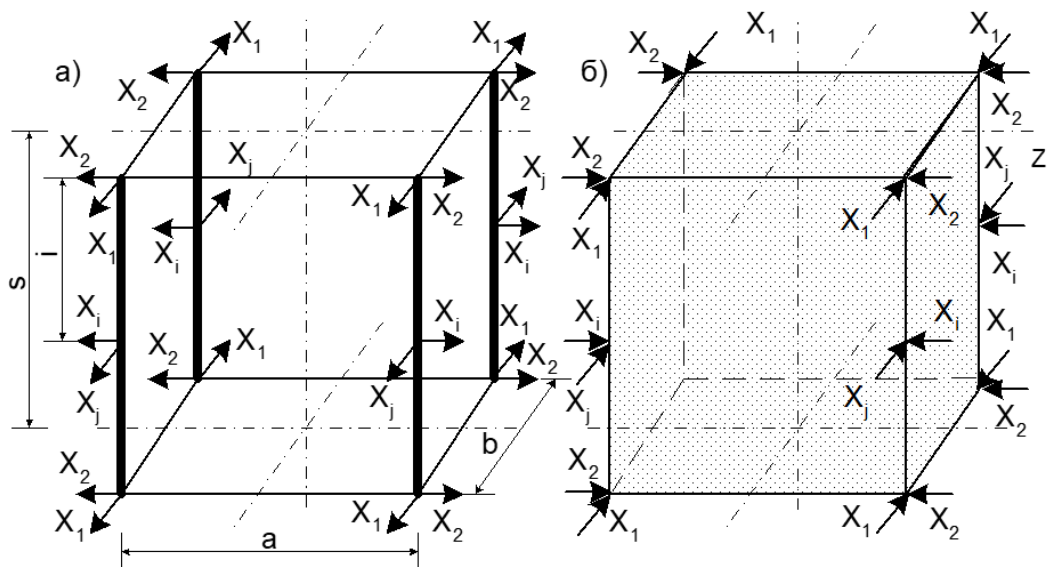


Рис. 2. Розрахункові схеми обійми (а) і ядра (б) при осьовому стисканні

$$A \cdot \vec{X} = -\vec{H} \text{ або } A \cdot \vec{X} = -\vec{R}, \quad (1)$$

де

$$A = \begin{Bmatrix} (\delta_{11} - \delta_{11}^*)(\delta_{12} - \delta_{12}^*) \cdots (\delta_{1n} - \delta_{1n}^*) \\ (\delta_{21} - \delta_{21}^*)(\delta_{22} - \delta_{22}^*) \cdots (\delta_{2n} - \delta_{2n}^*) \\ \cdots \overleftrightarrow{\leftarrow} \overleftrightarrow{\leftarrow} \cdots \\ (\delta_{n1} - \delta_{n1}^*)(\delta_{n2} - \delta_{n2}^*) \cdots (\delta_{nn} - \delta_{nn}^*) \end{Bmatrix}; \quad (2)$$

$$\vec{X} = \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdots \\ X_n \end{Bmatrix}; \vec{H} = \begin{Bmatrix} \Delta_{1F} - \Delta_{1F}^* \\ \Delta_{2F} - \Delta_{2F}^* \\ \cdots \\ \Delta_{nF} - \Delta_{nF}^* \end{Bmatrix}; \vec{R} = \begin{Bmatrix} \Delta_{1C} - \Delta_{1C}^* \\ \Delta_{2C} - \Delta_{2C}^* \\ \cdots \\ \Delta_{nC} - \Delta_{nC}^* \end{Bmatrix}. \quad (3)$$

У формулах (2) і (3) прийняті такі позначення. Елементи $(\delta_{kl} - \delta_{kl}^*)$ матриці A являють собою різниці поперечних переміщень точки k сталевій обоймі й бетонного ядра від одиничних сил. Елементи $(\Delta_{kF} - \Delta_{kF}^*)$ матриці стовпця H – різниці поперечних переміщень сталевій обоймі й бетонного ядра від зовнішніх поздовжніх зусиль, а елементи $(\Delta_{kC} - \Delta_{kC}^*)$ – від заданих зсувів.

Поперечні переміщення в обоймі від одиничних впливів δ_{kl} визначимо в замкнутому вигляді. Розрахунок зробимо методом сил, з урахуванням деформацій, викликаних згинальними моментами й поздовжніми силами.

Для визначення переміщень у бетонному ядрі від одиничних впливів вирішуємо плоску задачу зі змінними по полю параметрами деформування $\tilde{\nu}$ і $\tilde{E}$, залежності для яких приймаємо по рекомендаціях НІЗБ (Росія). Рішення даної задачі зводиться до рішення диференціального рівняння (4) зі змінними параметрами деформування $\tilde{\nu}$ і $\tilde{E}$.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\frac{1 - \tilde{\nu}^2}{\tilde{E}} \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} - \frac{\tilde{\nu}(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} \right] + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\frac{1 - \tilde{\nu}^2}{\tilde{E}} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} - \frac{\tilde{\nu}(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right] + \\ & + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{2(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \right] = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Переміщення в обоймі від зовнішнього навантаження при осьовому прикладанні навантаження визначимо як:

$$\Delta_{1F} = \Delta_{4F} = \frac{aN_s \nu}{2E_s A_2}; \quad (5)$$

$$\Delta_{2F} = \Delta_{3F} = \frac{bN_s \nu}{2E_s A_2}. \quad (6)$$

Для того щоб визначити переміщення в бетонному ядрі від зовнішнього навантаження при центральному стисканні - вирішуємо просторову задачу теорії пружності для призматичного тіла, виконаного з ізотропного матеріалу зі змінними параметрами деформування $\tilde{E}$ й $\tilde{\nu}$, завантаженого двома рівними і протилежно спрямованими зосередженими поздовжніми силами, прикладеними

в геометричному центрі ваги поперечного перерізу. Шукані переміщення одержимо у вигляді:

$$\Delta_{1F}^* = \Delta_{4F}^* = \frac{2N_b}{b\tilde{E}} \tilde{\nu}. \quad (7)$$

$$\Delta_{2F}^* = \Delta_{3F}^* = \frac{2N_b}{a\tilde{E}} \tilde{\nu}. \quad (8)$$

При позацентровому прикладенні навантаження приймаємо у вигляді змушеної деформації $\varepsilon = K \times x$ (рис. 3).

Переміщення в бетонному ядрі від заданої деформації визначаємо по наступних формулах:

$$\Delta_{1C}^* = -\tilde{\nu}K\theta^2 + \tilde{\nu}K\left(\frac{a}{2}\right)^2 - Ks^2; \quad (9)$$

$$\Delta_{2C}^* = \tilde{\nu}K(b - \theta)^2 - \tilde{\nu}K\left(\frac{a}{2}\right)^2 + Ks^2; \quad (10)$$

$$\Delta_{3C}^* = \Delta_{6C}^* = -\tilde{\nu}K\theta a; \quad (11)$$

$$\Delta_{4C}^* = \Delta_{5C}^* = -\tilde{\nu}K(b - \theta)a; \quad (12)$$

$$\Delta_{7C}^* = \tilde{\nu}K(b - \theta)^2 - \tilde{\nu}K\left(\frac{a}{2}\right)^2 + K\left(\frac{s}{2}\right)^2; \quad (13)$$

$$\Delta_{8C}^* = -\tilde{\nu}K\theta^2 + \tilde{\nu}K\left(\frac{a}{2}\right)^2 - K\left(\frac{s}{2}\right)^2. \quad (14).$$

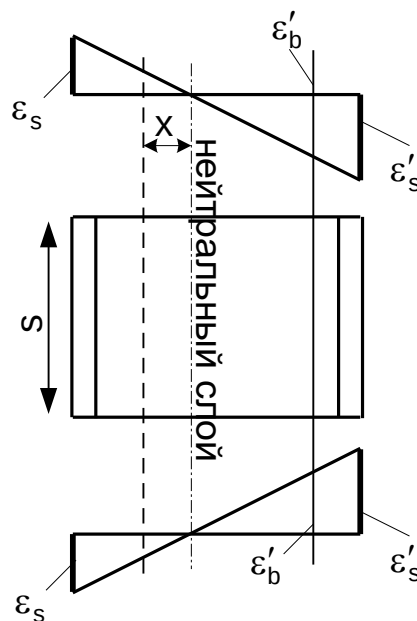


Рис. 3. Деформації в поперечному перерізі брускового елемента при позацентровому стисканні.

УДК 624.072.31

ПРОБЛЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ В СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Канд. техн. наук, доцент, Петров Анатолій Миколайович,

Державний біотехнологічний університет

Студент Воропаєв Дмитро Олександрович

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж

Сільськогосподарське водопостачання – це забезпечення водою в необхідній кількості та необхідної якості сільських споживачів.

Сільськими споживачами води є сільське населення, тварини, агропромислові виробництва на селі, сільськогосподарська техніка та ін.

Здійснюється сільськогосподарське водопостачання в основному за допомогою систем водопостачання.

Системою водопостачання називається комплекс споруд для отримання (добування) води з природних джерел, її очистки (у випадку необхідності), транспортування й розподілу між споживачами. Таким чином, система водопостачання забезпечує механізований підйом і подачу води споживачам по системах трубопроводів. Іноді ці системи називаються просто водопроводами.

До складу водопостачальних систем входять такі елементи: водозабірні споруди; насосні станції; очисні споруди (при необхідності); водонапірні споруди і водопровідні мережі.

Системи водопостачання класифікуються: за кількістю населених пунктів, які система забезпечує водою, – групові та локальні; за ступенем централізації – централізовані, децентралізовані і комбіновані; за видом джерела води – системи з підземними, поверхневими та змішаними джерелами води; за способом подачі води – з механізованою подачею води, самотічні (гравітаційні) і комбіновані; за надійністю подачі води; за призначенням – господарсько-питні, виробничі, протипожежні та об'єднані; за конструкцією водопровідної мережі – розімкнуті (тупикові) і кільцеві.

Групові системи забезпечують водою декілька населених пунктів, а іноді й районів.

Локальні системи обслуговують один населений пункт або один об'єкт водоспоживання.

Централізовані – це системи водопостачання, які забезпечують водою всі об'єкти сільського населеного пункту з єдиної водопровідної мережі.

Децентралізовані – це системи, при яких окремі комунальні чи господарські одиниці забезпечуються водою відокремлено (незалежно від інших об'єктів).

Комбіновані – це системи, при яких окремі групи споживачів забезпечуються водою централізованою системою, а решта – окремими локальними системами.

Системи з підземним джерелом води використовують підземні води. Системи з поверхневим джерелом води – поверхневі води.

У системах зі змішаними джерелами води одночасно застосовуються підземні і поверхневі води. У системах з механізованою подачею вода подається за допомогою насосів. Самотічні системи застосовуються у випадках, коли відмітка місця розташування водозабору перевищує відмітку території водоспоживання, внаслідок чого і створюється напір, за рахунок якого вода транспортується самотічно до споживачів.

У комбінованих за способом подачі води остання частково подається самотічно, а частково – механізовано.

За надійністю подачі води системи сільськогосподарського водопостачання належать до третьої категорії (при загальноприйнятих трьох категоріях), і в них допускаються перерви в подачі води до 1 доби.

За призначенням системи сільськогосподарського водопостачання є об'єднаними, тобто з однієї і тієї ж системи, як правило, одночасно задовольняються потреби господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопостачання.

Особливості систем сільськогосподарського водопостачання обумовлюються особливостями сільського побуту та сільськогосподарського виробництва:

1. Розосередженість водоспоживачів, яка пов'язана з веденням сільськогосподарського виробництва на великих земельних територіях, чим обумовлена значна розосередженість населених пунктів, різних господарських центрів по території землекористування. Крім того, споживачі води (люди, тварини, механізми та ін.) у певні періоди пересуваються по цій території. Такі обставини ведуть до збільшення дальності транспортування води, ускладнення експлуатації систем. При цьому слід врахувати, що об'єми споживання (витрат) води порівняно невеликі.

2. Нерівномірність споживання води обумовлена циклічністю чергування сільськогосподарських робіт у всіх видах сільськогосподарського виробництва. У кінцевому результаті це призводить до нерівномірного завантаження систем водопостачання, збільшення об'ємів регулюючих ємкостей, відбивається на техніко-економічних показниках систем сільськогосподарського водопостачання.

Для проектування систем водопостачання необхідно знати кількість споживаної води і режим її використання. Кількість споживаної води встановлюється за чисельністю споживачів на підставі норм водоспоживання.

Норма водоспоживання q , л/доб, – це середня кількість води, яка використовується одним споживачем за добу або витрачається на одиницю продукції, що виробляється.

Згідно з будівельними нормами і правилами, норма водоспоживання залежно від рівня благоустрою складає 125...350 л/доб на одного жителя; у тваринництві для дорослої великої рогатої худоби – 60...70 л/доб, для її молодняка – 20...30 л/доб; для дорослих свиней – 15...60 л/доб, для їхнього молодняка – 5...15 л/доб; для птиці – 1...2 л/доб.

Водозабірні споруди або водозабори призначені для забирання вод з джерела водопостачання.

В залежності від виду природного джерела, яке використовується для водопостачання, водозабірні споруди поділяють на дві групи: споруди для забирання поверхневих вод і споруди для забирання підземних вод.

Схеми показані на рис. 1,2.



Рис.1 Схеми водозабору



Рис.2 Очисні споруди

УДК 631.3.004.67

ВПЛИВ РІВНЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ НА ІМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ

Брик І.І.; Іванов В.І. канд. техн. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

61050, Харків, проспект Героїв Харкова 45, кафедра надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича

Проведено аналіз кількох випадків рівня кореляції між елементами. Показано, що наявність суттєвої кореляції збільшує імовірність безвідмовної роботи системи.

Розглянуто систему, яка складається з двох послідовно з'єднаних елементів, що корельовано. Елементи відмовляють за параметричними відмовами. Параметри характеризуються нормальними законами розподілу.

У загальному випадку імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює:

$$P=P(U_1<U_{1гр}) P(U_2<U_{2гр}/ U_1<U_{1гр}).$$

Тобто добутку імовірності безвідмовної роботи за параметром U_1 (імовірність того, що $U_1<U_{1гр}$) помноженої на умовну імовірність за параметром U_2 (тобто імовірність того, що $U_2<U_{2гр}$, але при умові того, що $U_1<U_{1гр}$)

Використовуючи функцію Лапласа, отримаємо:

$$R = F_0 \left(\frac{U_{2\text{гр}} - \bar{U}_2}{\sigma_{U_2}} \right) - \left\{ \left[1 - F_0 \left(\frac{U_{1\text{гр}} - \bar{U}_1}{\sigma_{U_1}} \right) \right] F_0 \left(\frac{U_{2\text{гр}} - \bar{U}_{22}}{\sigma_{U_{22}}} \right) \right\}.$$

Використовуючи отриману залежність проведений аналіз для кількох приватних випадків.

В першому випадку, коли елементи не корельовано отримано звісний результат, коли імовірність безвідмовної роботи для елементів дорівнює добутку імовірності безвідмовної роботи для кожного елементу.

В другому випадку, коли елементи корельовано коефіцієнтом кореляції, близьким до одиниці, імовірність безвідмовної роботи системи визначається імовірністю безвідмовної роботи першого елементу, який є більш слабким з двох.

В третьому випадку, коли елементи корельовано, але більш слабким є другий елемент, знову імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює імовірності безвідмовної роботи слабкішого ланцюга.

Для проміжних значень коефіцієнту кореляції від 0 до 1 слід провести розрахунки використовуючи експериментальні данні.

Проведений аналіз показав, що наявність суттєвої кореляції збільшує імовірність безвідмовної роботи системи порівняно з варіантом елементів, які не корельовано, оскільки імовірність безвідмовної роботи для елементів першого випадку завжди менша порівняно з другим або третім випадком.

УДК 621.7

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Гребенюк І.І., студент; Марченко М.В. к.т.н., доцент

(ДБТУ, м. Харків, Україна)

Метою дослідження є визначення показників підвищення довговічності автомобільних двигунів категорії N3 (автомобілі, призначені для перевезення вантажів з максимальною масою більше 12 тон).

Розвиток вантажного автомобільного транспорту істотно впливає на діяльність усіх галузей економіки країни, забезпечуючи перевезення в переробній промисловості, сільському господарстві, торгівлі та інших галузях.

У структурі сучасного вантажного парку частка транспортних засобів категорії N3 (автомобілі, призначені для перевезення вантажів з максимальною масою більше 12 тон) займає понад 22%. Більшість автомобілів категорії N3 мають сучасні сімейства форсованих двигунів, що відповідають екологічним стандартам Євро-1, Євро-2, Євро-3 і Євро-4.

Збільшення потужності двигунів більш ніж у 1,5 рази відносно базової, без суттєвих змін розмірів його основних частин (колінчастого валу, шатуна, блоку

циліндрів та ін.) вплинуло на довговічність і конкурентоспроможність силового агрегату. При цьому все більш актуальним стає питання зниження витрат протягом усього життєвого циклу автомобіля.

Одним із найважливіших показників конкурентоспроможності автомобілів, відповідно до стандарту ISO 9000, є співвідношення вартості забезпечення працездатності протягом усього терміну служби до вартості виготовлення. У розвинутих європейських країнах та в Америці це співвідношення в середньому становить 20%, а в Україні більше 40%, що створює проблемну ситуацію.

Аналіз надійності автомобіля показує, що 32-39% відмов припадає на силовий агрегат. Двигуни після капітального ремонту мають ще менші показники надійності. Це пояснюється значно нижчим рівнем технології ремонту по відношенню до технології виробництва.

Проте з форсуванням двигунів проблема підвищення їх довговічності залишається актуальною.

В основному показники надійності двигуна визначаються технічним станом таких елементів, як підшипники колінчастого валу, циліндропоршнева група, шатун, турбокомпресор, блок циліндрів, на які припадає 35% відмов і 62% витрат на ремонт. Тому необхідно зосередитися на підвищенні довговічності саме цих елементів двигуна (колінчастий вал, шатун, турбокомпресор, блок циліндрів), які є досить дорогими, як за вартістю, так і за послугами з ремонту (заміна).

Метою роботи є на основі аналізу літературних джерел визначення показників підвищення довговічності автомобільних двигунів та зниження витрат на забезпечення їх працездатності шляхом вдосконалення технологічних процесів відновлення основних частин двигунів за технічним станом.

Для досягнення поставленої мети можна сформулювати такі завдання дослідження:

1. Узагальнити та розробити аналітичні залежності показників технічного стану двигуна від годин роботи.

2. Узагальнити та розвинути закономірності формування властивостей поверхні деталей при ремонті.

3. Розробити методику та вимірювальну систему для визначення відхилень розмірів і форми робочих поверхонь основних деталей двигуна за їх напружено-деформованим станом.

4. Експериментально перевірити аналітичні залежності показників технічного стану двигунів від напруцювання в режимі експлуатації та отримати їх параметри для встановлення граничного стану.

5. Сформувати технологічну основу відновлення деталей двигуна за технічним станом з розробкою обладнання та приладдя.

6. Розробити методи функціонального налаштування елементів двигуна, що підвищують його довговічність.

7. Удосконалити структуру циклу експлуатації та ремонту двигуна та дати техніко-економічну оцінку результатам досліджень. Предметом дослідження є

процеси зміни технічного стану двигуна та технологічні процеси відновлення його основних елементів. Об'єктом дослідження є автомобільні двигуни та їх основні елементи.

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У РОЗВИТКУ ТЕОРЕТИЧНОЇ МЕХАНІКИ

Кісь-Коркіщенко Л.В., доцент, к.т.н, Кравченко Н.С., студент,
(ДБТУ, м. Харків, Україна)

У тезі розглянуто застосування штучного інтелекту в механіці, зокрема його роль у спрощенні аналізу складних систем і підвищенні точності розрахунків у теоретичній механіці. III представлено як інструмент, що розширює можливості дослідників і сприяє швидшому розвитку галузі.

Сучасний розвиток науки та технологій характеризується значним впровадженням інтелектуальних технологій у різні сфери знань. Теоретична механіка, як фундаментальна галузь фізико-математичних наук, переживає трансформацію під впливом цифровізації та розвитку штучного інтелекту (ШІ). Інтелектуальні алгоритми дозволяють моделювати складні механічні системи, проводити оптимізаційні обчислення та прогнозувати поведінку динамічних процесів. Це особливо важливо для розвитку новітніх інженерних рішень, підвищення точності наукових досліджень і підготовки студентів у сучасному освітньому середовищі. Метою дослідження є комплексний аналіз можливостей використання технологій штучного інтелекту у розвитку теоретичної механіки та оцінка їх впливу на модернізацію дослідницьких методів і навчальних процесів. Для досягнення мети використано методи системного аналізу, чисельного моделювання та порівняльного аналізу наукових джерел останніх десяти років. Зокрема, розглянуто застосування глибинних нейронних мереж, генетичних алгоритмів і методів оптимізації для вирішення задач динаміки, статички та кінематики складних систем.

Штучний інтелект дозволяє автоматизувати чисельні та аналітичні процеси, що традиційно потребували значних ресурсів та часу. У теоретичній механіці це охоплює розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь руху, аналіз стійкості механічних систем, моделювання складних траєкторій та прогнозування динамічних змін. Алгоритми машинного навчання здатні виявляти закономірності у великих масивах даних та апроксимувати складні залежності між параметрами системи, що підвищує точність і ефективність розрахунків. Прикладом ефективного застосування ШІ є використання глибинних нейронних мереж для моделювання нелінійних коливальних систем та оптимізаційних розрахунків конструкцій. Ці алгоритми дозволяють отримувати високоточні результати без необхідності тривалих чисельних ітерацій і великих обчислювальних ресурсів. Крім того, ШІ сприяє створенню інтерактивних симуляційних середовищ для студентів, де можна наочно вивчати закономірності руху тіл та вплив різних параметрів на механічну систему.

Інтеграція ІІІ у наукові дослідження сприяє підвищенню ефективності експериментальних і теоретичних моделей, зменшенню помилок у розрахунках та прискоренню процесу отримання результатів. Це відкриває перспективи розвитку гібридних методів, де класичні підходи механіки поєднуються з інтелектуальними алгоритмами для вирішення складних задач сучасної науки.

Дослідження показує, що використання штучного інтелекту у теоретичній механіці є ключовим напрямом розвитку сучасної науки. Інтелектуальні алгоритми дозволяють підвищити точність математичного моделювання, оптимізувати розрахунки та прискорити процес досліджень складних механічних систем. Подальші дослідження повинні зосередитися на створенні комплексних гібридних систем, що поєднують класичні методи механіки та інструменти ІІІ, що забезпечить новий рівень наукової та освітньої інтеграції.

Список використаної літератури:

1. Баранов, В. М. (2018). Інтелектуальні системи в механічному моделюванні. Київ: Наук. думка.
2. Kravchenko, O., & Petrenko, I. (2020). Machine Learning Applications in Theoretical and Applied Mechanics. *Journal of Intelligent Systems*, 29(3), 345–359.
3. Литвиненко, Р. (2019). Штучний інтелект і чисельні методи у фізико-математичних науках. Львів: Видавництво ЛНУ.
4. Wang, Y. et al. (2022). Deep Neural Networks for Nonlinear Dynamics Simulation. *Mechanics and Computation*, 58(2), 211–225.
5. Попов, С. (2021). Інноваційні технології у викладанні теоретичної механіки. *Вісник технічного університету*, №4, 112–118.

УДК 624.072.31

СТАЛЕБЕТОННІ БАЛКИ В СПОРУДАХ ТВАРИННИЦТВА

**Канд. техн. наук, доцент, Петров Анатолій Миколайович,
Студент Дрокін Олександр Юрійович**

Державний біотехнологічний університет

Анотація: Розглянуті питання особливості умов експлуатації сталобетонних конструкцій в тваринницьких спорудах. Показано методи запобігання корозії таких конструкцій.

У тваринницьких спорудах при їх експлуатації виявляються особливі умови - підвищена вологість (яка може досягати 75 -80 %) наявність в рідині значної кількості активних хімічних елементів. У тваринницьких приміщеннях підвищена вологість та відбувається постійне використання дезінфікуючих речовин, що призводить до зміни рН бетону. Поряд з цим, з кислого молока і силосу виділяється молочна кислота. Так, у силосі дозрівання кормів пов'язане з утворенням органічних кислот (молочна, масляні, оцтові кислоти в концентрації 0,5–1,0 %), що супроводжується зростанням температури. В анаеробній

ферментаційній ситуації температура підвищується до 30–50 °С. Корозійна дія на бетон молочної кислоти має $pH < 5$.

Майже у всіх тваринницьких будівлях відносна вологість занадто висока, що часто має значення 85 %. Конденсація парів води на поверхні будівельних споруд проникає всередину порових просторів та з часом призводить до дегідратації та розтріскування. При взаємодії аміаку з водою утворюється амоній гідроксид і виникає основне середовище. Карбонат кальцію є одним з найпоширеніших матеріалів, виявлених в товщах земної кори, і формує породи типу вапняку і крейди, а також у будівельних матеріалах. Хімічні і структурні параметри карбонатів дуже різноманітні, що значно ускладнює їх аналіз.

Є методів запобігання корозії бетону є просочування бетону сіркою. Просочення підвищує довговічність і зменшує вагу. Завдяки високій вартості полімеру, пошук дешевших матеріалів призвів до розплавленої сірки, вартість якої є набагато менше метилметакрилату, але в'язкість в 10 разів більше.

Першою причиною цього є те, що сірка у великих кількостях виводиться з відкладень сірководню, що містить природний газ.

Другою причиною є видалення сірки з моторного палива, яке виробляється на НПЗ з метою зменшення вмісту сірко-органічних сполук в моторному паливі, в якому вони дуже шкідливі.

Третя причина є в перетворенні діоксиду сірки, що формується шляхом отримання кольорових металів: з природних мінералів, які в основному сірчані.

Надлишок, з усіх цих причин, виробництво і накопичення над споживанням призвело до багатьох тисяч тонн незатребуваної сірки, накопиченої в ряді місць.

УДК 621.822

СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РУХУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСКИХ ЗНАРЯДЬ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Кусков М.А. д.ф.

Державний біотехнологічний університет

Метою є підвищення продуктивності та ефективності робочих органів сільськогосподарських машин.

Підвищення точності руху сільськогосподарських знарядь і робочих органів є важливим для підвищення продуктивності та ефективності сільського господарства. Це досягається за допомогою автоматизації, систем керування сільськогосподарськими знаряддями та робочими органами з використанням сучасних цифрових технологій.

Підвищення точності руху сільськогосподарських знарядь та робочих органів сільськогосподарських машин передбачає інтеграцію автоматизації, систем наведення, сенсорних технологій та аналізу даних. Ці досягнення сприяють підвищенню ефективності, зменшенню споживання ресурсів і більш сталим методам ведення сільського господарства.

В даний час розрізняють два типи систем керування сільськогосподарськими знаряддями: пасивні та активні (рис. 1). Пасивне керування знаряддями не вимагає наявності рульового механізму на знарядді, а зсув знаряддя коригується шляхом регулювання траєкторії руху трактора. Активна система керування сільськогосподарськими знаряддями потребує визначення місця розташування (наприклад за допомогою GNSS або машинного зору) та керованого знаряддя. В такому випадку і трактор, і знаряддя рухаються по заданому шляху.

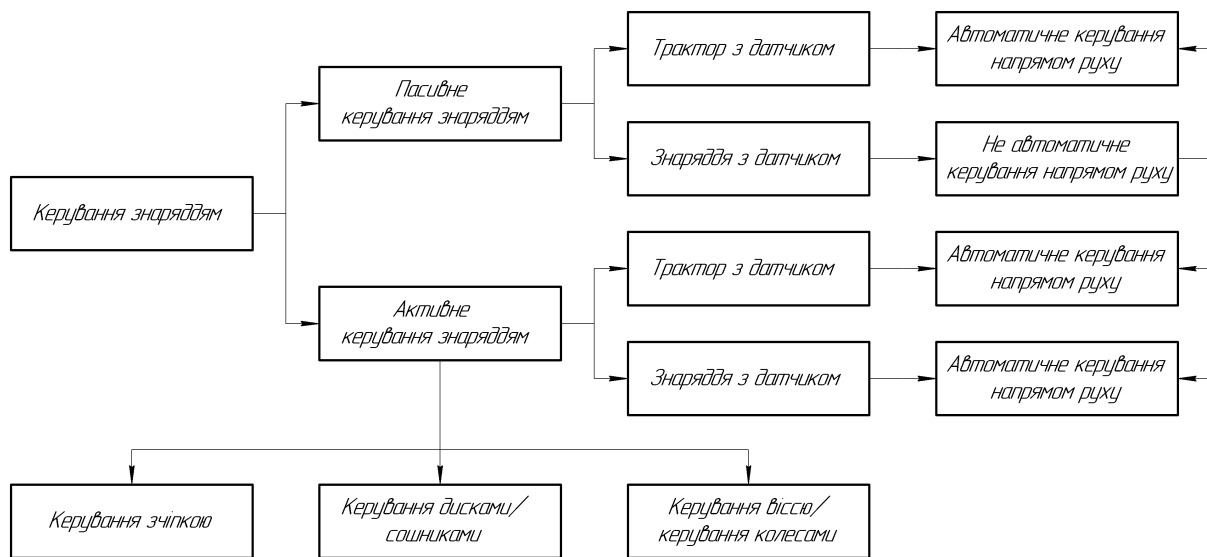


Рисунок 1 – Системи керування напрямом руху сільськогосподарських знарядь

Пасивна система керування напрямом руху знаряддя, яка контролює та коригує положення знаряддя шляхом переміщення трактора наведена на рис. 2. Однак така система пасивного керування знаряддям не має власного рульового механізму. Як правило, використовуються два приймачі GNSS/Машинного зору, один встановлений на кабіні, а інший на знарядді. Приймач утримуватиме знаряддя на заданій траєкторії залежно від курсу трактора та геометрії або динаміки сільськогосподарської машини.

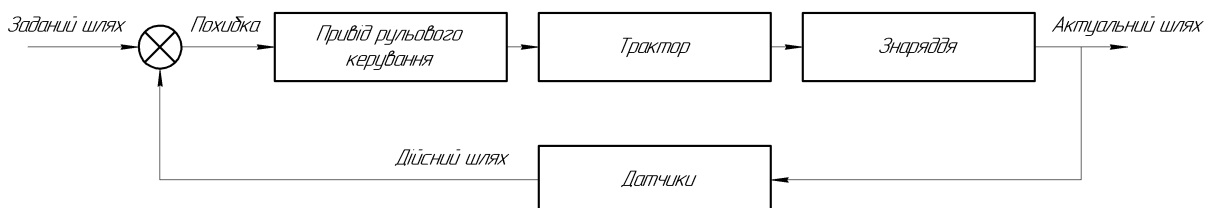


Рисунок 2 – Структурна схема системи пасивного керування напрямом руху знаряддя

При активному керування напрямом руху сільськогосподарського знаряддя здійснюється незалежно від трактора та може бути особливо корисним в автономній системі, дозволяючи системі керування знаряддя працювати дещо незалежно від системи керування трактора. Структурну схему системи активного керування напрямом руху знаряддя наведено на рис. 3. Система активного керування має вищі витрати, оскільки потребує «активної» технології керування знаряддям незалежно від трактора.

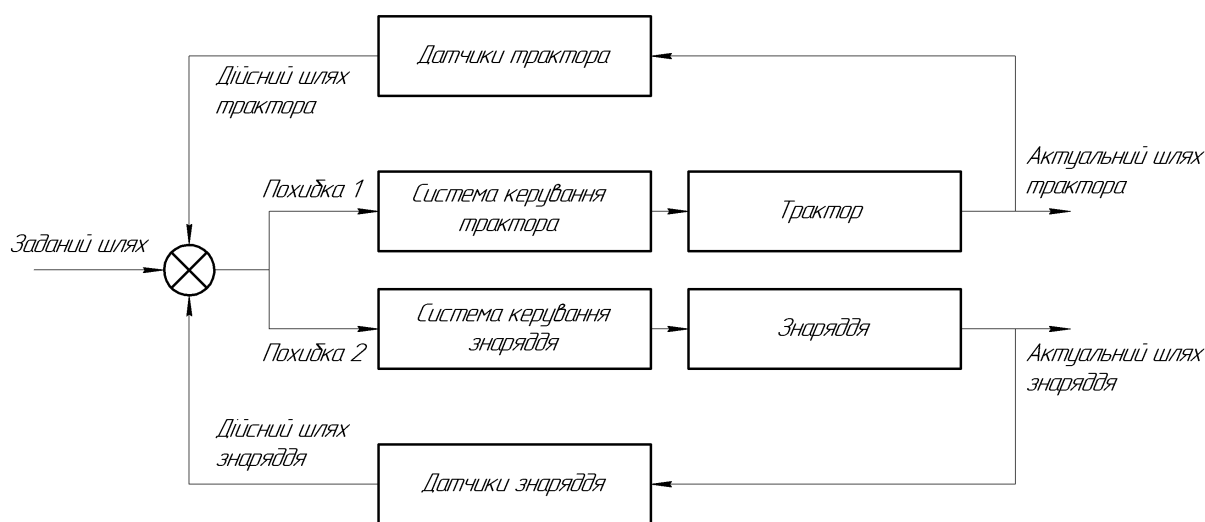


Рисунок 3 – Структурна схема системи активного керування напрямом руху знаряддя

Автоматичне керування сільськогосподарськими знаряддями, такими як культиватори та сівалки у складі МТА, має важливе значення для автоматизованих або автономних операцій.

МТА у складі причіпної сівалки може рухатись по криволінійній траєкторії при роботі агрегату на схилах. З метою компенсації неточності траєкторій руху при роботі на схилах запропоновано систему компенсації дрейфу.

МТА обладнується двома приймачами GPS StarFire. Перший встановлюється на тракторі, а інший – на сільськогосподарській машині. Трактор корегує траєкторію, щоб компенсувати знос знаряддя, що приводить до підвищення точності руху агрегату в цілому.

Список використаних джерел:

1. Задорожний В. П., Кусков М. А., Антощенко Р. В. Розробка системи автоматичної керування трансмісією трактора. *Матеріали науково-практичної конференції «Молодь та технічний прогрес в АПК», 2023.* С. 340–343.
2. Калінін Є. І., Петров Р. М., Кусков М. А. Аналітичний огляд досліджень у галузі діагностування машин та їх систем в експлуатації. *Крамаровські читання : тези доп. IX Міжнар. наук.-техн. конф. з нагоди 115 річниці від дня народж. д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова В. С. (1906-1987 рр.), 24-25 лют. 2022 р. Київ : НУБіП України, 2022.* С. 388–390.
3. В. Адамчук, В. Булгаков, В. Надикто, О. Троханяк, Т. Чорна. Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки, 2023. Вип. 101(5).* С. 57–64. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-08>.

Секція 9

**АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОГО
УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА**

УДК 72.01/72.023

ВНЕСОК «ЗЕЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ» У ЕФЕКТИВНЕ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Масленнікова В.В., к. ек .н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є використання принципів зеленого будівництва, створення вискоелективних будівель, що мають обмежений вплив на довкілля і найменші витрати на життєвий цикл будівлі.

Енергозбереження (або енергоконсервація) стосується зменшення споживання енергії за рахунок використання меншої кількості енергетичних послуг.

Енергозбереження відрізняється від енергоефективності, як стосується використання меншої кількості енергії за тої самої послуги. Але і енергозбереження, і енергоефективність є техніками зменшення використання енергії.

Хоч енергозбереження і зменшує споживання енергетичних послуг, його результатом може бути зростання якості довкілля, національної безпеки, та особистої фінансової безпеки [1].

Енергоефективність — ефективне (раціональне) використання енергетичних ресурсів. Використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня енергетичного забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві. Ця галузь знань перебуває на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології.

На відміну від енергозбереження (заощадження, збереження енергії), головним чином спрямованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (корисність енергоспоживання) — корисне (ефективне) витрачання енергії.

Для населення — це значне скорочення комунальних витрат, для країни — економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоздатності, для екології — обмеження викиду парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній — зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

Відмінності між енергозбереженням та енергоефективністю [1]:

Енергозбереження: Основна мета — зменшити загальне споживання енергоресурсів.

Енергоефективність: Фокусується на тому, щоб виконувати ту саму функцію з меншими витратами енергії, шляхом оптимізації її використання. Зелена архітектура поєднує обидва ці принципи.

Зелена архітектура — це екологічно стійкий дизайн будівель, який інтегрує принципи енергоефективності для мінімізації впливу на навколишнє середовище. Вона включає використання відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер), продумане проектування для пасивного обігріву та охолодження, а також

застосування екологічних матеріалів. Енергозбереження досягається шляхом зниження споживання енергії, а енергоефективність — шляхом корисного використання енергії, що в сукупності призводить до створення високоефективних та екологічно чистих будівель.

Переваги зеленої архітектури:

- Зниження витрат: Енергоефективні будівлі потребують менше енергії для опалення, охолодження та освітлення, що призводить до значної економії на комунальних послугах.

- Зменшення викидів: Будівлі, побудовані з використанням зелених технологій, роблять менший внесок у викиди парникових газів.

- Покращення якості життя: Зелені будівлі створюють здоровіше та комфортніше середовище для мешканців, покращуючи якість повітря та рівень шуму.

Підвищення вартості нерухомості: Енергоефективні та екологічно чисті будівлі мають вищу вартість на ринку нерухомості.

Основні принципи зеленої архітектури [2]:

- Використання відновлюваних джерел енергії: Це може включати сонячні панелі на дахах, які спільно з зеленими дахами підвищують ефективність, а також використання енергії вітру.

- Продумане проектування: Враховуються природні потоки повітря та сонячне світло, що зменшує потребу в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

- Екологічні матеріали: Використання місцевих, стійких та вторинних матеріалів для зменшення впливу на довкілля протягом усього життєвого циклу будівлі.

- «Зелені» дахи та стіни [3]:

- Зелені дахи покращують теплоізоляцію, якість повітря, поглинають вуглекислий газ та підтримують біорізноманіття.

- Зелені стіни ефективно поглинають звук та покращують теплоізоляцію, а також можуть служити для вирощування рослин.

- Енергоефективність: Загальне споживання енергії будівлею є головним критерієм, особливо в рамках європейських норм, які ставлять за мету значне скорочення споживання енергії до 2050 року.

Принципи зеленої архітектури містять різні заходи, що сприяють її енергоефективності [3].

1. Ефективність води. Використання озеленення дає можливість зменшити видатки споживання води, за рахунок системи: збору води, використання, очищення та повторного використання води протягом всього життєвого циклу будівлі. Така система забезпечує не тільки підтримку економного використання води, а й збереження якості оточуючих водних систем.

2. Ефективність використання земель. До ефективного використання землі відносяться: розвиток ділянки з точки зору збереження навколишнього середовища і повторного використання існуючих місцевих матеріалів. Відображається в об'єднанні зелених ландшафтів, за рахунок перетікання їх по

дах, фасадних частинах, терасах будівель тощо.

3. Низький вплив на навколишнє середовище та збереження природних особливостей. Доведено, що будівельні роботи забезпечують 50% впливу на навколишнє середовище і руйнування природних систем. Будинки також вносять близько 10% від загальних світових викидів щорічно. Одним з принципів зеленої архітектури є використання екологічних конструкцій для зменшення впливу на навколишнє середовище. Зокрема, цей принцип стосується запобігання деградації ділянки при будівництві та розпорядження земельними насадженнями при будівництві.

4. Низькі витрати на обслуговування. Цей принцип зеленої архітектури викликає необхідність використання поновлюваних рослинних продуктів, переробленого і вторинного металу, нетоксичних продуктів [4]. Поновлювані і багаторазові продукти забезпечують високу продуктивність, в той же час зменшуючи витрати на будівельні процеси.

Зелена архітектура - це проекти створені з урахуванням навколишнього середовища, з акцентом на екологічну стійкість.

Віснoк.

Основними принципами зеленої архітектури є використання альтернативних і стійких джерел енергії, таких як вітер і сонячна енергія. Впровадження в проектування озелених ділянок дозволяє створити природні структури повітряних потоків і запобігти перегріву територій, зменшить потреби в опаленні, вентиляції та кондиціонування повітря

Список використаних джерел

1. Про енергетичну ефективність: ЗАКОН УКРАЇНИ № 1818-IX ВІД 21 жовтня 2021 року. <https://zakon.rada.gov.ua/go/1818-20>

2. Прикладні принципи sustainable-архітектури. <https://skvot.io/uk/blog/prikladnye-principy-sustainable-arhitektury>

3. Ткаченко Т. Перспективи зеленого будівництва у майбутньому відновленні України

4. Зелена Архітектура <https://danica.ua/ua/blog/zelena-arhitektura/#:~:text=%D0%97%>

УДК 535.6 : 741

КОЛЬОРИ В АРХІТЕКТУРІ

Анопрієнко О. О. бакалавр, Гопцій О. Б. канд. екон. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Розглянуті питання застосування кольорів в архітектурі, як архітектурної мови, що допомагає формувати суть споруд. Колір безпосередньо впливає на емоційний стан та здатен організовувати простір.

Колір є фундаментальним і постійним компонентом у будь-якій архітектурній споруді. Він супроводжує будівлю на всьому шляху її існування – починаючи від власних хроматичних якостей будматеріалів, через гру природного та штучного освітлення на її поверхнях і закінчуючи фінальним сприйняттям спостерігача. Це не лише візуальний атрибут, але й невід'ємна складова архітектурної мови, що формує суть споруди.

На рівних фасадах чи у складних об'ємно-просторових композиціях саме колір відповідає за створення чіткої візуальної структури. Він виступає провідником для ока, допомагаючи вибудувати ієрархію елементів, підкреслити логіку конструкції та розкрити задум архітектора, роблячи складні форми інтуїтивно зрозумілими. Крім того, колір виконує знакову функцію: він дозволяє нам миттєво ідентифікувати об'єкт, розрізняти його серед інших і навіть зчитувати його культурно-історичний контекст. Таким чином, він стає потужним засобом непрямой комунікації між архітектурою та суспільством.

Уявлення архітектури поза кольором веде до втрати значної частини її сенсового навантаження. Споруди позбавляться індивідуальності, їхня естетична привабливість різко знизиться, а також зникнуть ключові функції, пов'язані з навігацією в просторі, розмежуванням зон та розставляння декоративних і смислових акцентів. Адже колір – це знаряддя не лише інформаційне чи декоративне, але й глибоко психологічне. Він має властивість впливати на наш психоемоційний стан: створювати відчуття затишку або офіційності, стимулювати або розслабляти, формуючи загальне враження від перебування в архітектурному середовищі.

Отже, роль кольору в архітектурі є комплексною та багаторівневою. Він безпосередньо впливає на формування загального враження, підкреслює функціональне призначення будівлі та визначає її художню виразність. Майстерне використання трьох основних характеристик – відтінку, світлості та насиченості – відкриває перед архітектором широкі можливості. Завдяки їм він може візуально відокремлювати елементи, виділяти ключові об'єми, корегувати сприйняття пропорцій і навіть вказувати на просторове положення деталей. Ці інструменти дозволяють створювати динамічні візуальні акценти, керувати увагою глядача та, як результат, формувати цілісну, гармонійну та логічно завершену архітектурну композицію, яка говорить з людиною мовою форм, світла та кольору (рис. 1).



Рис. 1. Місто. Брайтон, Великобританія

Відтінок – це основна характеристика, що визначає сам колір (наприклад, червоний чи синій). Він виникає через різну довжину хвиль видимого світла: від найдовших (червоний) до найкоротших (фіолетовий).

Навіть якщо колір стане світлішим, темнішим або менш насиченим, його основний відтінок залишається незмінним. Усі кольори систематизують за допомогою кольорового кола, яке наочно показує зв'язки між ними.

Яскравість – це характеристика, що показує, наскільки колір світлий або темний, і вимірюється в діапазоні від абсолютно чорного (0) до абсолютно білого (100). Вона залежить від здатності поверхні відбивати світло.

Кожен відтінок має свій власний, властивий йому діапазон яскравості. Наприклад, жовтий зазвичай є найсвітлішим, тоді як синій — найтемнішим серед основних кольорів. середні значення характерні для зеленого та червоного, а найтемнішим серед основних є синій.

Насиченість – це міра інтенсивності та чистоти кольору. Вона визначає, наскільки колір яскравий і виразний у порівнянні з нейтральним сірим того самого рівня яскравості.

Шкала насиченості простягається від максимально чистого, яскравого відтінку до повністю ненасиченого, приглушеного варіанту, який майже не відрізняється від сірого.

Пастельні кольори – це світлі, м'які відтінки, які мають знижений рівень насиченості та виглядають делікатно й спокійно. Їх часто використовують для оздоблення фасадів завдяки здатності створювати легкий, ненав'язливий образ будівлі.

Світлі кольори – до них належать тони з високим рівнем яскравості, але низькою насиченістю, що робить їх м'якими й приглушеними. Такі кольори також популярні в оформленні фасадів, оскільки створюють відчуття чистоти, відкритості та візуальної легкості.

Темні кольори – це барви з низькою яскравістю та середнім або невисоким рівнем насиченості. Вони виглядають стримано й масивно, додають архітектурі солідності та виразності (рис. 2).



Рис. 2. Місто. Київ, Україна

Ключові аспекти ролі кольору в архітектурі:

1. Структурна та ідентифікаційна функція: Колір організовує простір, створює візуальну ієрархію, робить конструкцію зрозумілішою та дозволяє ідентифікувати об'єкт у середовищі.
2. Психологічний вплив: Він безпосередньо впливає на емоційний стан людини, створюючи різні атмосфери – від затишку до офіційності.

Висновок:

Колір є не просто декоративним елементом, а важливою та невід'ємною складовою архітектурної мови, що несе глибоке смислове, функціональне та психологічне навантаження. Він формує візуальну структуру, підкреслює задум архітектора, надає будівлі індивідуальності та виконує комунікативну функцію з суспільством.

УДК 691.41

ГЛИНА ЯК БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИКЛАД ВИГОТОВЛЕННЯ З ГЛИНИ ЛЕГКОГО САМАНУ, ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ. ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Гречка Юрій Петрович студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доцент

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

Метою дослідження було розглянути літературні джерела і проаналізувати глину, як будівельний матеріал. Приклад виготовлення з глини легкого саману, його використання. Переваги і недоліки

Глина - це слабозцементовані тонкозерниста осадова гірська порода, пілоподібна або зцементована в сухому стані та пластична при зволоженні. Глини дуже поширені, вони становлять близько 50 % всіх осадових гірських порід земної кори. Це пластична осадова гірська порода, що складається переважно з дрібних частинок глинистих мінералів, таких як каолінит, монтморилоніт та гідроліти. У сухому стані вона тверда, а при зволоженні стає пластичною, що дозволяє їй надавати різноманітних форм. Це природний матеріал, який утворюється в результаті руйнування гірських порід під впливом природних факторів, таких як вода, сонце та вітер.

Основні види глини:

Каолін, або ж біла глина, - це справжній аристократ у світі кераміки. Її молочно-білий колір і ніжна структура роблять її ідеальною для створення порцеляни, яка вражає своєю витонченістю. Каолін має низьку пластичність, але після випалу стає неймовірно міцним і стійким до високих температур. Окрім посуду, його використовують у паперовій промисловості для надання паперу гладкості та в косметичці для очищення шкіри. Ця глина - ніби чисте полотно для майстрів, що дозволяє втілювати найскладніші ідеї.

Червона глина - це той самий матеріал, з якого наші пращури ліпили горщики й будували хати. Її насичений колір, що нагадує захід сонця, зумовлений високим вмістом заліза. Вона пластична, легко формується і після випалу стає міцною, як камінь. Найчастіше її використовують для виготовлення цегли, черепиці та декоративної кераміки. А ще червона глина - це символ домашнього затишку, адже саме з неї робили посуд, який століттями зберігав тепло сімейних обідів.

Бентоніт - це глина, яка вміє вбирати вологу, ніби губка. Завдяки своїм абсорбуючим властивостям вона стала незамінною в промисловості: її додають до бурових розчинів, використовують у виробництві котячого наповнювача і навіть у медицині для детоксикації. Її структура дозволяє розбухати у воді, створюючи густу гелеподібну масу. Це справжній "універсальний солдат" серед глин.

Вогнетривка глина - шамотна, це матеріал, який не боїться вогню. Її використовують для створення печей, камінів і навіть промислових доменних

установок, адже вона витримує температури до 1600 °С. Її склад багатий на алюміній, що забезпечує таку вражаючу стійкість. Ця глина — ніби непохитний страж, що захищає від полум'я, і без неї важко уявити сучасну металургію чи будівництво.

Застосування глини у будівництві.

Будівельна глина - використовується для створення стін, перегородок та інших будівельних конструкцій. Глина має високу міцність та добре зберігає тепло, що робить її популярним вибором для будівництва енергоефективних будинків. Якість глини можна поліпшити попередніми відмудлюванням і проморожуванням.

Відмудлювання глини особливо важливо при використанні пісних глин з великою домішкою піску. Для цього глину у великих ямах, або ємностях розмішують до можливо рідкого стану і дають розчину відстоятися. Великі, більш важкі частинки осідають на дно, а верхні й середні шари відстояного розчину дають прекрасний матеріал, зокрема для глинолитних будівель. Щоб зробити глину більш пластичною, її піддають проморожування і вивітрювання. Для цього глину, в необхідній кількості, з осені укладають в гряди висотою від 0,5 до 0,75 м і шириною від 1,5 до 2,0 м, давши їй добряче просочитися водою і взимку промерзнути.

Легкий саман - відмінний матеріал для заповнення стін каркасного будинку. Якщо порівнювати застосування легкого саману з мінеральною ватою та іншими традиційними утеплювачами - саман, мабуть, виграє. Поміркуйте самі: вартість - нижче не придумаєш (солома і глина), не просідає в стінах, за щільністю порівняємо тільки з пінополістиролом, негорючий, чудово тримає форму, забезпечує відмінну атмосферу в будинку. З недоліків, тільки те, що його потрібно готувати, і це брудний процес, а в іншому просто принадність. На відміну від важкого саману, легкий саман - не є матеріалом для стін. Оскільки легкий саман - це солома, вкрита тонким шаром глини, тоді як важкий саман, насамперед - глина. Тому несучі функції в будинку з легкого саману виконує дерев'яний каркас.

Як приклад у Німеччині у будівлях побудованих за технологією будівництва фахверк, де проміжки між елементами каркасу можуть заповнюватись сумішшю глини з різними наповнювачами. Конструкція дерев'яного каркасу під легкий саман відрізняється від канадського каркаса. Стійки робляться подвійними, на розпорах, що монтуються на оперізувальних напрямних по периметру будинку. Таким чином, всі порожнини стін виходять пов'язаними з сусідніми прольотами і, заповнені утрамбованим саманом, утворюють монолітну стіну. Це, звичайно, надає додаткової жорсткості конструкції будинку. До речі, можна заповнювати прольоти каркасу не тільки соломною безпосередньо, а використовувати солом'яні тюки, просочені глиняною жижею. Для такої роботи, звичайно, вже знадобляться автокрани або інші підйомні пристрої. Легкий саман готується із житньої соломи. Готується спеціальна яма, в яку засипають глину, а потім розводять її водою і розчиняють до стану рідкого кисіля. У масу, що утворилася, занурюють солому, дають їй

добре просочитися. А потім викидають просочену солому на сушильний лоток. Коли рідина стікає, залишається солома, вкрита тонким шаром глини.

Глиняне покриття забезпечує надійне з'єднання соломи, коли вони запресовуються в стіни. Крім того, така солома не горить та не гниє. Партія соломи з сушильного лотка, доставляється до каркаса, де і запресовується в стіни. Щоб саман не виправ з боків стіни, влаштовують опалубку, що знімається, у вигляді обшивки каркаса з ОСБ плит або дошки, зовні і зсередини. Після затвердіння саману опалубку знімають. Будинок готовий до зовнішньої та внутрішньої обробки. У будь-якому випадку каркасний будинок, утеплений легким саманом, буде дуже теплим, дихаючим і довговічним. До глиняної суміші для зміни її механічно-хімічних властивостей можна додавати різні добавки. Наприклад цемент для додаткової міцності, вапно для покращення пластичності і регулювання вологості у приміщенні у майбутньому. Для боротьби з пліснявою та грибком можна додати мідний купорос, чи інші антисептики.

Надмірна волога може зруйнувати саман, тому важливо подбати про гідроізоляцію та захист від дощу, особливо на нижніх ярусах та підвіконнях.

Для запобігання проникненню гризунів, нижню частину стін бажано покрити металевою сіткою.

Необхідно враховувати, що будинок буде давати усадку протягом певного часу, тому оздоблення фасаду краще робити не раніше, ніж через півроку-рік після зведення.

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ:

Переваги способу - швидкість будівництва, низькі матеріаломісткість і трудомісткість, низьке навантаження на фундаменти.

Недоліки – за рахунок більшої витрати дерева більш висока вартість будинку в порівнянні з іншими методами будівництва із саману, неможливість створення характерної саманної архітектури. У подальшому використанні і при будівництві потрібно приділяти увагу гідроізоляції.

У більшості міфів саме глина стала матеріалом, з якого створено людину. У нас є на мій погляд можливість приєднатися та продовжити розпочате богом. А кажучи серйозно, частіше за все: Все нове це добре забуте старе.

УДК 352.07:[005.51+005.591.3]

ЦИФРОВІ ПЛАТФОРМИ РОЗВИТКУ ГРОМАД.

ІНЖЕНЕРНІ, ЗЕМЕЛЬНІ ТА АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ ДЛЯ СЕЛА МАЙБУТНЬОГО

Букрєєва О.А., директор консорціуму

"Всеукраїнське агентство розвитку громад та територій"

Село майбутнього – це цифрові інструменти для розвитку громад, сучасна інфраструктура, оптимальні мережі та комунікації, інвестиції та бізнес, нові можливості для підприємництва, енергоефективність, сучасні будівлі та технології, прозорість рішень, раціональне землекористування, збалансований

розвиток території, контроль та безпека розвитку. Цифрові платформи дають громадам контроль, аналітику та інструменти розвитку, а молоді — можливість стати головними інженерами змін.

Сьогодні українські громади працюють в умовах дефіциту ресурсів, нестачі спеціалістів, неактуальних карт і великої кількості несистемних даних. Архітектура, інженерія, земельні рішення та планування інфраструктури часто фрагментовані та неузгоджені між собою. Ситуацію ускладнює дефіцит ресурсів, тобто обмежені фінансові та людські можливості для системного розвитку, несистемні дані, нестача кваліфікованих кадрів у сфері планування та управління, а також розрізнена інформація без єдиної системи обліку та аналізу.

Цифрові платформи дозволяють об'єднати всі ці елементи в єдину екосистему прийняття рішень. Місія консорціуму "ВСЕУКРАЇНСЬКЕ АГЕНТСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ" — створити інструменти, які дають громадам контроль над своїми активами, розвитком і майбутнім. Проблеми, які здатна вирішувати цифрова платформа:

— земельні питання, зокрема уточнення меж земельних ділянок, спрощення доступу до кадастрової інформації, упорядкування землекористування, прискорення підготовки ділянки під інвестора;

— інженерія та мережі – актуалізація схем енергомереж, водопостачання та каналізації, оцінювання навантажень і ризиків, узгодження проєктної документації;

— архітектура та забудова – формування візії розвитку території, оновлення містобудівних документів, спрощення контролю забудови та технічного стану об'єктів;

— управління активами - інвентаризація будівель, споруд, земельних ділянок у володінні громад, забезпечення інструментів аналізу та планування, ефективне використання комунального майна.

Інтегрована цифрова платформа для комплексного розвитку використовує три ключові модулі:

1. White Due Diligence Engineering (Інженерний аудит та моделювання, у т.ч. автоматична оцінка технічного стану будівель і споруд, аналіз енергоефективності та навантаження, цифрові моделі об'єктів для планування реконструкцій).

2. Triada Land & Legal (Земельно-правовий модуль: Інтеграція даних ДЗК, ДРРП, класифікаторів КВЦПЗ та НК 018:2023, виявлення ризиків: накладки, невідповідність цільового призначення, автоматизація підготовки земельних ділянок під інвестиційні проєкти).

3. SigmaGeoPort Urban (Архітектурно-планувальний модуль: цифрові карти громади з актуальними даними, визначення зон розвитку, логістики, рекреацій, промислових кластерів, сценарне моделювання забудови — "село 2030", інтеграція з даними інженерних мереж та обмежень).

Платформа забезпечує практичний ефект для громад – прозорість і керованість ресурсів. Громада бачить кожен ділянку, кожен об'єкт, кожен

мережу — і може ефективно управляти всіма активами через єдину систему. Досягається раціональне використання землі — громада може планувати промислові зони, житло, зелені території, соціальну інфраструктуру на основі даних та аналітики.

Для залучення інвесторів платформа готує повний пакет: ділянка → документи → інженерія → моделювання → ризики → економіка. Інвестор отримує всю необхідну інформацію для прийняття рішення.

Для підвищення якості забудови автоматизовані перевірки та контроль дозволяють уникати помилок та незаконного будівництва, забезпечуючи безпеку.

Для підтримки молодих спеціалістів забезпечуються доступ до реальних даних, інструменти для практики та досліджень, рішення, що поєднують урбаністику, GIS, IT та будівництво.

Застосування платформи дозволяє реалізувати наступні сценарії:

- Планування «села майбутнього» — проєктування житлових кварталів, логістичних вузлів, бізнес-парків з урахуванням всіх інженерних та земельних обмежень.
- Проєкти для донорів — підготовка якісної документації для міжнародних програм відбудови та розвитку громад.
- Моделювання мереж — планування електрики, води, доріг при прирості населення чи розвитку бізнесу на території громади.
- Активація "мертвих активів" — виявлення невикористовуваного майна та його перетворення на об'єкти розвитку та джерела доходів.
- Цифровий аудит земель — комплексна перевірка земель особистого селянського господарства, пайових масивів, комунальних земель з виявленням всіх ризиків та можливостей.

Ця міждисциплінарна технологія надає молоді широкі можливості професійного розвитку. Вона поєднує урбаністику, IT, інженерію та аграрний сектор в єдину професійну сферу. Напрямок "цифровий планувальник громади" відкриває затребувану спеціальність майбутнього, можливість працювати з реальними проєктами та формувати майбутнє свого регіону. Підтримуючи підприємництво, платформа стимулює бізнес у селах через відкриті дані та візуалізацію можливостей, надає для молодих спеціалістів доступ до реальних даних, інструменти для практики та досліджень, створює можливість стати головними інженерами змін у розвитку українського села.

Платформа побудована на принципах інтеграції різномірних даних та створення єдиного інформаційного простору для прийняття управлінських рішень.

Єдиний інформаційний простір: містобудування, сценарії розвитку, землевпорядкування, юриспруденція.

Візуалізація: інтерактивні карти, 3D-моделі, звіти та презентації для стейкхолдерів.

Аналітика: автоматичне виявлення ризиків, оцінка потенціалу, сценарне моделювання.

Інтеграція даних: Державний земельний кадастр, Державний реєстр речових прав на нерухоме майно, класифікатори видів цільового призначення земель (КВЦПЗ) та НК 018:2023, технічна документація.

Кожен модуль працює автономно, але всі разом створюють синергетичний ефект.

Платформа дозволяє скоротити час підготовки інвестиційних пакетів у три рази порівняно з традиційними методами, завдяки автоматизованій перевірці зменшує юридичні та технічні ризики, дає створення 5-7 нових робочих місць у сільській громаді для роботи з платформою, до 25% підвищує ефективність використання комунального майна. Впровадження цифрової платформи не лише оптимізує процеси управління, але й створює нові можливості для економічного розвитку громад, залучення інвестицій та створення робочих місць для молоді. Місія консорціуму "ВСЕУКРАЇНСЬКЕ АГЕНТСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД ТА ТЕРИТОРІЙ" – зробити ці інструменти доступними кожній українській громаді. Майбутнє українського села – в руках молоді, озброєної сучасними цифровими інструментами.

УДК 711.24, 72.036

ЕВОЛЮЦІЯ СЕЛИЩ «ОДНОПОВЕРХОВОЇ АМЕРИКИ» НА ЗЛАМІ 1920-Х – 1930-Х РР. У ПЕРСПЕКТИВІ ПОСТКОНФЛІКТНОЇ УКРАЇНСЬКОЇ АГРОУРБАНІСТИКИ

Буряк О.П., д. арх., проф.

Державний біотехнологічний університет,

Тимченко Д.Д., аспірант

*Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова*

У роботі аналізується формування «одноповерхової Америки» у 1920–1930-х роках як результат трансформації системи планування землекористування, що поєднала міське зонування, регіональне та сільське планування. Розкривається роль цих процесів у становленні малоповерхових субурбій та участі громад у плануванні. Окреслено, як цей досвід може бути адаптовано для постконфліктної відбудови українських сільських територій у контексті сучасної агроурбаністики.

Еволюція поселень «одноповерхової Америки» на зламі 1920–1930-х років була змістовно пов'язана з трансформаціями управління землекористуванням у Сполучених Штатах. У цей період відбувалося становлення комплексного підходу до управління територіями на рівнях міст, передмість, сільських регіонів, округів і цілих штатів. Розвиток цих поселень відбувався під спільним впливом засобів регіонального планування, урбаністичного зонування, аграрної політики та програм корекції землекористування, в рамках формування нової моделі просторової організації. Осмислення цього досвіду набуває несподіваної

цінності для сучасної української агроурбаністики в перспективі постконфліктної відбудови сільських територій та пошуку шляхів до моделі зрівноваженого просторового розвитку.

На початку XX століття американське міське планування (City Planning) базувалося на ідеях «Прекрасного міста» (“City Beautiful”) та естетизації міського простору. Але вже у 1910-х–1920-х рр. стався злам: з’явилися перші комплексні зонингові постанови, а міські планувальники, серед яких Харланд Бартоломью (Harland Bartholomew), почали систематично досліджувати землекористування, класифікувати міські функції та формуючи наукові підходи до прогнозування розвитку. Введення зонінгу як інструменту контролю над забудовою стало однією з головних передумов виникнення «однопверхових» житлових районів, адже саме зонінг дозволив відокремити житлові території від промислових, обмежити щільність та забезпечити однотипність кварталів, а також урегулювати просторові умови автомобільного руху, що інтенсивно посилювався.

Характерно, що поява комплексних планів землекористування (“land use planning”) спершу відбулася за межами міст, та навіть не в програмах управління субмаргінальними землями, які виявилися нерентабельними в умовах економічної кризи 1920–1930-х рр., а саме у сільському контексті, в аграрній політиці. Міністерство сільського господарства США (United States Department of Agriculture, USDA), спираючись на ідеї Льюїса Грея (Lewis C. Gray) та Річарда Елі (Richard T. Ely), розробило підхід, що передбачав інвентаризацію земель, визначення їхнього найефективнішого використання та впровадження соціально-економічних корекцій. Саме у зв’язку з цими задачами виникла потреба у сільському зонуванні, яке мало регулювати, де можливе ведення сільського господарства, а де доцільне перезаліснення земель або їх рекреаційне використання. У 1930-і рр. було створено перші окружні плани землекористування (зокрема у Мічигані), що стали фактичним прототипом землевпорядних стратегій, які пізніше будуть застосовані також у міському плануванні.

Одночасно у США відбувався стрімкий розвиток планування на регіональному та державному рівнях. Томас Адамс (Thomas Adams) та інші теоретики підкреслювали необхідність розглядати місто у ширшому територіальному контексті — в межах регіону, де житлові, транспортні, промислові та сільськогосподарські структури формують цілісну просторову систему. Регіональні плани, такі як План регіону Нью-Йорка 1929 р., стали як один із базових елементів включати класифікацію земель, поєднуючи урбаністичний та аграрний підходи. Структурна побудова цих документів стала важливим поштовхом до формування житлових поселень малої поверховості, які розвивалися вздовж транспортних коридорів та у приміських округах.

Саме в округах і проявилася нова логіка розвитку простору, яка згодом визначила характер американських передмість. У Каліфорнії ще у 1920-і рр. було створено перші окружні комісії з планування, які, на відміну від міських, працювали з величезними територіями – здебільшого незабудованими,

змішаними за функцією, із великою часткою сільськогосподарських угідь. Для ефективного управління такими територіями виникла потреба в комплексному інструменті – плані землекористування, який визначав загальну структуру простору: житлові зони, рекреаційні зони, промислові райони, транспортні коридори, сільськогосподарські масиви. Ці документи не лише регулювали забудову, а й стали основою для розвитку малоповерхових житлових масивів, що отримали стандарт «одноповерховості», властивий американським субурбійам.

Розвиток такої моделі поселень був би неможливий без стрімкого розширення індивідуальної мобільності та відповідної розбудови транспортної інфраструктури. Автомобіль ставав ключовою складовою американського стилю життя, а просторове планування – інструментом формування середовища для цього способу пересування. Водночас саме регіональні та окружні плани забезпечили контроль над неконтрольованим розростанням міст, спрямовуючи житлову забудову у простори, визначені зонінговими правилами.

Паралельно з цим у 1930-х рр. розвивається унікальна американська система планування за участю громади. Програми USDA передбачали створення комітетів на рівні громад і округів, у яких до формування планів землекористування разом із фахівцями було залучено фермерів. Такий підхід можна вважати ранньою формою партисипативного планування, яке дозволило територіям отримати стратегії, адаптовані до місцевих умов і потреб.

Синтез регіонального підходу з сільським плануванням, міським зонуванням та участю населення забезпечив розвиток масштабних субурбій «одноповерхової Америки». Ці поселення характеризувалися малоповерховою забудовою, високою часткою приватних садиб, просторовою розосередженістю, наявністю локальних громадських центрів та транспортною залежністю від автомобіля. Вони стали символом типово американського підходу до просторового розвитку та визначили архітектуру повсякденності для кількох поколінь американців.

Безпрецедентна руйнація сільських поселень і територій у сучасній Україні змушує до осмислення можливостей їх оновлення. При цьому надзвичайно цінним може виявитися історичний досвід США. Чи не найважливішим є розуміння того, що базовим інструментом відбудови здатне стати раціональне планування землекористування. Аналогічні підходи мають стати необхідними у повоєнній Україні, у т. ч. інвентаризація земель, визначення найефективнішого використання деградованих, спустошених або небезпечних територій, створення системи сільського зонування, які забезпечать збалансованість між розвитком сільського господарства, агропромисловості, житла, інфраструктури та природоохоронних зон.

Модель малоповерхових поселень може бути адаптована до українських умов у формі кластерних селищ (агропарків, кооперативних центрів тощо), які об'єднують житло, дрібне та середнє виробництво, сервісні функції та соціальну інфраструктуру. Американський досвід підказує, що у формуванні стратегій розвитку необхідна участь громад, де першим кроком має стати створення локальних комітетів із планування землекористування.

Однак слід враховувати, що на відміну від США 1930-х рр., Україна стикається з численними безпековими проблемами, у т. ч. з мінною небезпекою, обмеженнями на автомобільну мобільність у багатьох регіонах, суттєві відмінності у структурі зайнятості та конфігурації земельних ресурсів. Вірогідно, у порівнянні з американськими зразками українська модель агроурбанізму виявиться компактнішою, менш автомобілецентричною та буде зорієнтована на ширшу багатофункціональність сільського простору.

Еволюція поселень «одноповерхової Америки» не є епізодичним прикладом успішної модернізації замських просторових структур, принциповим етапом в історії інтеграції аграрного й урбаністичного планування, який може стати підставою для формування методологічних основ сучасної української агроурбаністики, спроможною в постконфліктний період сприяти відбудові та довгостроковому розвитку українського села.

Список використаних джерел

1. Akimoto F. The birth of 'land use planning' in American urban planning. *Planning Perspectives*. October 2009. Vol. 24, No. 4, , P. 457–483. <https://doi.org/10.1080/02665430903145705>
2. Guttenberg A. Z. *The Language of Planning: Essays on the Origins and Ends of American Planning Thought*. University of Illinois Press, 1993. 288 p.
3. Peterson J.A. *The Birth of City Planning in the United States 1840–1917*. Johns Hopkins University Press, 2003. 480 p.

УДК 721

АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ГРОМАДСЬКИХ ЦЕНТРІВ У СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕННЯХ

Кисельов В.М. ст. викл.

Одеська державна академія архітектури та будівництва. Архітектурно-художній інститут

Метою даного дослідження є виявлення факторів, що впливають на розташування багатофункціонального громадського центру у сільських поселеннях; створення класифікації подібних центрів за принципом розташування. Таким чином, дослідження спрямоване на створення науково обґрунтованої концепції формування багатофункціональних громадських центрів у сільських поселеннях, що поєднує архітектурну виразність, соціальну ефективність та екологічну збалансованість просторового розвитку.

Сучасні тенденції розвитку сільських територій в Україні та світі зумовлюють необхідність переосмислення підходів до формування громадських центрів у сільських поселеннях. У контексті децентралізації, розвитку аграрного сектору, сільського туризму та підвищення якості життя населення, архітектурно-містобудівні рішення щодо розміщення багатофункціональних

громадських центрів набувають особливого значення. Такі центри виступають не лише місцем концентрації адміністративних, культурно-освітніх, соціальних і побутових функцій, але й каталізатором відродження соціальної активності та культурної ідентичності села.

Громадська архітектура насамперед призвана відповідати на потреби та запити місцевого населення. Саме суспільство впливає на функціонування насиченість суспільного середовища та вираження цієї насиченості в її об'ємно-просторовій організації. Не є винятком і сільське середовище. Західні архітектори вже давно застосовують багатофункціональні комплекси у сільських поселеннях, як максимально зручний і гнучкий інструмент організації сучасні змінного громадського середовища, що відповідає запитам сільського суспільства, яке зазнало значних змін за останні десятиліття.

Відбувається це в першу чергу через сильну зміну спрямованості розвитку сільської місцевості: Важливість села та сільської місцевості не може бути зведена до ефективності та конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва або будь-яких інших видів господарської діяльності. Останні десятиліття аграрні виробництва втрачають потребу в працівниках сільській місцевості, переходячи все більш автоматизовані типи виробництва, мінімізуючи чисельність персоналу. У той же час все більшого розвитку набувають приватні фермерські господарства, з одного боку, спрямовані на виробництво екологічно чистої продукції, а з іншого – приваблюють туристів на хвилі популярності еко та агротуризму.

Заміна монофункціональних об'єктів інфраструктури на багатофункціональні дозволяє більш ефективно використовувати суспільні простори: єдина організація комунікативної структури створює психологічно комфортні умови для споживача, а комплексне споживання різних функцій дозволяє людині більше ефективно розпоряджатися простором та часом.

Подібна система симбіотичної взаємодії різних соціальних об'єктів стає можливою завдяки невеликому масштабу поселень та низці соціальних факторів, властивих лише сільському суспільству. Звичайно, далеко не завжди на практиці втілюється подібна ідеальна модель, проте сучасна західна сільська архітектура до неї прагне, і існує досить велика кількість прикладів успішного впровадження громадських багатофункціональних комплексів, що стали плацдармом для формування єдиної громадської мережі.

Основною рисою сучасних багатофункціональних будівель та просторів є значно більш розмиті межі між різними функціями. Якщо в класичному розумінні багатофункціональна архітектура – це блокування різних функцій в один об'єм, в якому вони співіснують, практично не торкаючись один одного, то більш сучасним уявленням про багатофункціональність є симбіотичне співробітництво різних функцій, їх максимально можливе об'єднання з метою створення нової функції, що відповідає саме на потреби та запити конкретно взятого поселення. Крім того, такий підхід до багатофункціонального проектування дозволяє новій будівлі легше пристосовуватися до змін суспільних запитів, які неминучі через все більше і більше прискорення темпів розвитку

суспільства. Один з найвизначніших теоретиків та практиків, які займаються багатофункціональною архітектурою, архітектор Стівен Холл називає подібну архітектуру «гібридною»: гібридне поєднання функцій у будівлі може бути більш ніж простим змішуванням типів використання, це накладення може стати «соціальним конденсатором» – первинною взаємодією вітальностей міста, підвищенням ролі архітектури як каталізатора змін [1].

Розглядаючи багатофункціональні центри, як ядро соціально-культурної інфраструктури та базис для формування працюючої мережі суспільних просторів, можна виділити три основні типи розташування подібних центрів у контексті сільських поселень як історичних, так і нових.

1. Перший тип – це комплекси, що розташовуються безпосередньо в центрі поселення. Вони можуть формувати собою головну селищну площу або формуватися вздовж головної вулиці. Подібні громадські центри можуть бути як просторовими, складатися з кількох будівель, функціонально та композиційно пов'язаних один з одним, так і являти собою комплекс під одним дахом, коли безліч різних функцій співіснують у тих одного складносурядного обсягу.

2. Другий тип багатофункціональних комплексів за принципом розташування – це комплекси на околиці сільських поселень. Як правило, вони розташовуються на в'їзді або виїзді з поселення на великій трасі, щоб забезпечити максимально можливу відвідуваність комплексу. Об'ємно-просторова композиція комплексів цього типу - це найчастіше центри під одним дахом, однак, зустрічаються і просторові зі складною структурою відкритих скверів, площ та прогулянкових зон. Для цього характерна тісний зв'язок із природним оточенням. Найчастіше подібні громадські центри стають частиною великої паркової зони або просто мають великі упорядковані відкриті громадські майданчики.

Третій тип зустрічається найрідше – це міжселищні багатофункціональні комплекси, розташовані за межами поселення. Вони розташовуються на трасі на максимально рівній відстані від кількох порівняно великих поселень. Такі комплекси виникають у регіонах з дуже розрідженим розселенням, де немає достатньо великих поселень, щоб служити соціально-культурний центр. Як правило, це невеликі будівлі, що вміщують кілька функцій. Ядром подібних центрів зазвичай є великий багатофункціональний зал, місце для зустрічей та спілкування місцевого населення, навколо яких згруповується деяка кількість дрібніших приміщень торгової, дозвілля та інших функціональних груп.

Висновок.

Архітектурно-містобудівне формування багатофункціональних громадських центрів у сільських поселеннях є стратегічним напрямом розвитку сучасного сільського середовища, який поєднує урбаністичні підходи з урахуванням локальної специфіки, природного ландшафту та культурно-історичної спадщини. Такі центри виступають не лише об'єктами архітектурного проектування, але й інструментами соціального, економічного та культурного відродження села.

Насамперед, багатофункціональний громадський центр у селі є просторовим втіленням концепції сталого розвитку. Він поєднує різноманітні суспільні функції – адміністративні, культурно-освітні, рекреаційні, інформаційні та комунікаційні – в єдину архітектурно-просторову структуру, яка створює нову якість життєвого простору. Це дозволяє зменшити територіальну роз'єднаність, підвищити ефективність використання земельних ресурсів і сформуванати соціально активне середовище.

Багатофункціональний громадський центр – це не просто архітектурний об'єкт, а новий соціальний простір, у якому формуються сучасні моделі комунікації, співпраці й розвитку громади. Його створення є важливим кроком до сталого майбутнього українського села, у якому архітектура виступає не лише мистецтвом простору, а й засобом суспільного відродження.

Список використаних джерел

1. Futagawa Y. Steven Holl - Volume 1. 1975-1998. UK : Ada edita global architecture, 2012. 264 p.
2. Габрель М. Просторова організація містобудівних систем : монографія. Київ : А.С.С., 2004. 377 с.
3. Данчак І., Сільник О. Закономірності формування сільської громадської забудови в сучасних умовах розвитку. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування., 2022. № 64. С. 261–272.
4. Степанюк А., Кюнцлі Р. Традиції та нові тенденції проектування громадських центрів сільських поселень у сучасних умовах. Вісник Львівського національного аграрного університету. 2013. № 14. С. 135–141.

УДК 711

АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНЕ ФОРМУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ, ЯК КАТАЛІЗАТОР РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ

Кисельова Г.В. ст. викл.

Одеська державна академія архітектури та будівництва. Архітектурно-художній інститут

Метою даного дослідження є виявлення закономірностей, принципів та механізмів архітектурно-містобудівного формування сільських ландшафтів як інструменту сталого розвитку територій, а також обґрунтування ролі архітектури і планувальної структури у відновленні соціально-економічного, екологічного та культурного потенціалу сільських громад.

У сучасних умовах глобальних екологічних, економічних та соціальних трансформацій сільські території України набувають нового значення у структурі просторового розвитку держави. Вони розглядаються не лише як аграрна база, але й як простір культурної спадщини, рекреаційного потенціалу, екологічної рівноваги та соціальної інтеграції. Архітектурно-містобудівне формування сільських ландшафтів стає інструментом гармонізації взаємодії між

природним середовищем та антропогенними процесами, забезпечуючи сталий розвиток територій та покращення якості життя населення.

В умовах децентралізації та формування нових адміністративно-територіальних громад саме сільські поселення отримують унікальний шанс для відродження через переосмислення архітектурно-просторових структур, раціональне використання природних ресурсів і впровадження інноваційних підходів до формування ландшафтного середовища.

Це призводить до зростання інтенсивності природокористування у приміських і значного послаблення у віддалених (депресивних) районах. За таких умов стратегія природокористування повинна бути зорієнтована не стільки на зниження або збільшення антропогенного навантаження, скільки на його раціональний просторовий розподіл. Сільська мережа в цьому просторовому розподілі, особливо в сільських регіонах, має суттєве значення, є своєрідним каркасом для подальшого розвитку чи занепаду будь-якої території. Разом з тим, у порівнянні з міськими ландшафтами, сільські в Україні досліджені значно менше (Л.І. Воропай, М.М. Куниця 1982, 2004; Г.І. Денисик 1998, 2000; О.В. Борисова 2009), що до певної міри вплинуло на вибір теми дослідження та визначило її актуальність. Забезпечення збалансованого розвитку регіонів України є неможливим без вирішення проблем раціональної організації структури сільських ландшафтів, яка забезпечує комфортні умови життя й діяльності населення [1].

Сільський ландшафт – це складна система взаємодії природних і антропогенних компонентів, що формуються у процесі господарської діяльності людини на території, переважно зайнятій аграрним виробництвом. Його архітектурно-містобудівне формування передбачає створення просторової структури, де поєднуються виробничі, житлові, соціальні, рекреаційні та природоохоронні функції.

Сільські ландшафти розглядаються як динамічні системи, що трансформуються під впливом природних процесів (ерозія, кліматичні зміни, сезонні цикли) та соціально-економічних факторів (урбанізація, аграрна політика, демографічні зрушення).

Архітектурно-містобудівне формування сільських ландшафтів виступає стратегічним каталізатором розвитку територій, оскільки воно інтегрує просторові, соціальні, економічні та екологічні процеси у єдину систему. На відміну від традиційного підходу, коли архітектура розглядається як результат господарської діяльності, у сучасному науковому дискурсі вона постає активним інструментом управління розвитком простору, який формує нові сценарії використання ландшафту, активізує місцеві ресурси та визначає траєкторію розвитку громади.

Сільські території України часто характеризуються фрагментарністю забудови, деградацією інфраструктури та низьким рівнем просторової організації. Завдяки архітектурно-містобудівному підходу відбувається регенерація простору – створення нових функціональних осередків (культурних центрів, ринків, рекреаційних зон), які стають точками тяжіння для громади.

Формування нових планувальних структур, що спираються на природні особливості ландшафту (рельєф, водойми, зелені масиви), дозволяє забезпечити оптимальний розподіл функцій – житлових, господарських, рекреаційних і природоохоронних. Це сприяє відновленню балансу між антропогенним і природним середовищем, а також підвищує ефективність використання територій. Архітектурно-містобудівні рішення здатні впливати на соціальну динаміку сільських громад. Вони створюють умови для формування простору спілкування, колективної взаємодії та культурного самовираження. Через ревіталізацію історичних центрів, адаптацію народної архітектури, відновлення сакральних споруд і традиційних планувальних структур забезпечується передача культурного коду від покоління до покоління.

Таким чином, архітектурна ідентичність стає інструментом зміцнення громади, а сільський ландшафт – носієм пам'яті, символом спадковості й самобутності(рис.1).



Рис. 1. Візуалізації відбудови селища Посад-Покровське на Херсонщині за єдиним дизайн-кодом. Автори проекту «Архіматіка»

В Україні останніми роками з'являються успішні приклади інтеграції архітектури в сільський ландшафт:

1. Львівська та Івано-Франківська області – формування туристично-рекреаційних агроосередків з акцентом на екобудівництво.

2. Одеська область – розвиток прибережних сільських територій як частини туристичного поясу Чорного моря, де архітектурно-ландшафтні рішення сприяють екологічному освоєнню узбережжя.

3. Полтавщина та Черкащина – проекти «зелених садиб» та ландшафтних парків на базі колишніх аграрних господарств.

4. Закарпаття – екопоселення з використанням місцевого каменю, дерева, глини, що поєднують традиційні та сучасні технології.

Такі приклади демонструють, що сільські ландшафти стають платформою для нових моделей розвитку, де природа, архітектура і громада взаємодіють у спільному середовищі.

Висновок.

Проведене дослідження доводить, що архітектурно-містобудівне формування сільських ландшафтів є не лише процесом організації простору, а комплексним інструментом соціально-економічного, екологічного та

культурного розвитку територій. В умовах трансформації сільського середовища, демографічного спаду, зміни клімату та економічних викликів архітектурно-просторова діяльність набуває стратегічного значення, оскільки здатна забезпечити регенерацію територій, формування сталого середовища проживання та підвищення якості життя населення.

Архітектурно-містобудівне формування виступає каталізатором відновлення просторової структури сільських поселень, забезпечуючи гармонійне поєднання природних і антропогенних компонентів. Завдяки ландшафтно-орієнтованому плануванню створюється цілісна система взаємозв'язаних елементів – житлових зон, агровиробничих територій, рекреаційних комплексів та екологічних коридорів. Це дозволяє мінімізувати екологічні ризики, підвищити продуктивність використання земельних ресурсів і забезпечити естетичну привабливість середовища.

Список використаних джерел

1. Кізюн А.Г., Денисик Г.І. Оптимізація сучасної структури сільських селитебних ландшафтів. Антонінський край у просторі і часі: Збірник матеріалів Міжнародної науково-краєзнавчої конференції. Т. 2. Житомир: ЖОППО, 2008. С. 151-154.
2. Гнесь Л. Б. Природно-ландшафтні чинники у розплануванні українського села. Вісник Львівського національного аграрного університету: архітектура і сільськогосподарське будівництво. Львів : № 18. 2017. С. 127–131.
3. Горлач П. АРХІТЕКТУРА. Відбудова селища Посад-Покровське на Херсонщині. Суспільне Культура. URL: <https://suspilne.media/culture/518535-arhitektori-prezentuvali-vizualizaciu-majbutnoi-vidbudovi-selisa-posad-pokrovske-na-hersonsinii/> (дата звернення: 12.11.2025).

УДК 728.1, 69.059.1

МОДУЛЬНІ БУДИНКИ ЯК ПІДХІД ДО РОЗВИТКУ І ЗАБУДОВИ СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА

Малашенкова О.В. к.арх, доцент, Лизько М. М. студентка

*Архітектурно-художній інститут
Державна Академія Будівництва та Архітектури*

Метою дослідження є виявлення потенціалу модульних житлових систем як інноваційного інструмента розвитку житлової інфраструктури сучасного українського села та аналіз їхнього впливу на формування нових підходів до сільської забудови.

Сучасний простір українського села перебуває у стані трансформації, що виникає через зміни в чисельності населення, економічні проблеми та зростання потреб у швидкому і ефективному будівництві житла. Традиційні способи будівництва, зокрема індивідуальні будинки, сьогодні не завжди відповідають сучасним вимогам до енергоефективності, економічності та зручності. В цих

умовах важливо шукати гнучкі архітектурні рішення, які дозволять створити добре житло, не витрачаючи злишні час і ресурси.

Модульні будинки є новою технологією, яка поєднує в собі індустриальне виробництво, стабільність конструкцій та можливість будівництва з різними розмірами та конфігураціями. Вони швидко будуються, мають різноманітні плани, легко адаптуються під різні потреби і є екологічно ефективними. Тому модульні будинки є перспективним напрямком для забудови сільських територій, де потрібно швидко і економно створити житло. Зростання інтересу до таких систем підсилюють і тенденції післявоєнного відновлення України, коли потрібні гнучкі, технологічні та доступні формати житла.



Рис.1. Приклад сучасної забудови модульними будинками, парк Савицький у м. Одеса

Одне з головних питань, яке впливає на те, чи варто застосовувати модульне будівництво в сучасному українському селі, — це оцінка властивостей у вигляді експлуатаційних та архітектурних. Тому розглянемо основні переваги та недоліки модульних будинків з позиції конструктивної ефективності та архітектурного використання.

Позитивні аспекти модульних будинків:

- *Гнучкість будівництва.* Модульна система дозволяє поступово збільшувати площу будинку, додаючи нові блоки, не змінюючи основну конструкцію. Це дуже корисно для молодих родин чи господарств, які планують поступово розвивати житло, відповідно до змін у житті. Такий спосіб зменшує витрати і не вимагає довгих перебудов.
- *Швидкість будівництва.* Модулі виготовляються на заводі, і це значно прискорює процес зведення, оскільки більшість робіт виконуються під контролем фахівців. Монтаж на місці відбувається набагато швидше, ніж при традиційному будівництві, і дозволяє швидко вирішити житлові питання. Крім того, погода майже не впливає на термін будівництва.
- *Енергоефективність і якість.* Модулі виготовляються в умовах контролю,

що забезпечує точність і надійність з'єднань. Застосування сучасних утеплювачів та герметичних елементів зменшує витрати тепла, що робить будинки економними у експлуатації. Також це підвищує комфорт у житлі із запуску.

Негативні сторони модульного будівництва:

- *Обмеження у просторовому розташуванні.* Стандартизовані розміри модулів можуть ускладнити створення складних або унікальних архітектурних проектів. Це зменшує можливість створення великих відкритих просторів або екстремальних архітектурних форм. Архітектору доводиться враховувати технічні обмеження системи.
- *Логістичні й технологічні залежності.* Транспортування готових модулів потребує спеціальної техніки та хороших доріг, які не завжди є у віддалених місцях. У разі пошкодження чи модернізації компонентів доводиться звертатися до виробника або сервісів. Це збільшує витрати і ускладнює можливість здійснити ремонт на місці.

Висновок.

У ході дослідження було встановлено, що модульні житлові системи можуть стати ефективним способом модернізації та розвитку сучасного українського села. Аналіз показав, що індустріальна природа таких систем забезпечує швидкість будівництва, якість конструкцій та можливість подальшої зміни житла. Однак стандартизація модулів та залежність від логістики мають певні обмеження, які треба враховувати під час проектування. Узагальнення властивостей модульних будинків підтверджує їх призначення для сільських районів, де важлива економічність, здатність адаптуватися та швидке створення житлової інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Броневицька Т. М. Модульне житло: архітектурні принципи формування та тенденції розвитку. Архітектура та сучасні інформаційні технології, 2021, № 3. С. 45–52. <https://doi.org/10.24412/2304-6837-2021-3-45-52>
2. Лисенко О. В. Індустріальне домобудування та модульні системи: потенціал впровадження в Україні. Будівельні конструкції: теорія і практика, 2020, № 12. С. 33–41.
3. Smith, R. Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction. Hoboken: Wiley, 2011. 416 p.
4. Lawson, M., Ogden, R., Goodier, C. Design in Modular Construction. CRC Press, 2014. 346 p.
5. Слободян О. М., Барабаш С. В. Принципи сталого розвитку у сучасному житловому будівництві. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2019, № 4. С. 12–18. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.2019>

УДК 691.2

ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ ТА МІНЕРАЛИ

Піоварова І. Ю. студ. гр. АМ23, Гасанов А. Б.

Державний біотехнологічний університет

Метою є поглиблене знайомство з видами та характеристикою природніх кам'яних матеріалів та мінералів, які широко використовуються в професійній архітектурній практиці.

Основою класифікації природних кам'яних матеріалів у матеріалознавстві є їхнє генетичне походження, яке безпосередньо визначає їхню мінералогічну композицію, структуру та, як наслідок, експлуатаційні характеристики.

Згідно з генетичною ознакою, виділяють три основні класи гірських порід, що використовуються як будівельні та декоративні матеріали:

1. Магматичні (вивержені) породи. Утворилися внаслідок охолодження та кристалізації магми. Вони характеризуються високою густиною, мінімальною пористістю та винятковою міцністю на стиск. Прикладами є граніт, базальт та лабрадорит.

2. Осадкові породи. Утворилися внаслідок відкладення та цементації продуктів руйнування інших порід, хімічних осадів або органічних решток. Вони мають більш високу пористість та нижчу міцність порівняно з магматичними. Приклади: пісковик, вапняк, травертин, доломіт.

3. Метаморфічні породи. Виникли завдяки перетворенню (метаморфізму) магматичних або осадкових порід під впливом високих температур та тиску. Це призводить до перекристалізації мінералів та утворення щільних, часто шаруватих структур. Найвідоміші приклади: мармур (з вапняку), кварцит (з пісковика) і гнейс.

Також окрім генетичної, використовують класифікацію за призначенням (будівельні, облицювальні, теплоізоляційні, в'язучі) та за технологією обробки (тесані, пиляні, колоті, поліровані).

Для повноцінного огляду, розглянемо характеристику семи найзатребуваніших у матеріалознавстві природних кам'яних матеріалів, приділяючи увагу їхньому мінеральному складу та методам обробки.

Граніт є класичним представником магматичних інтрузивних порід, що складається переважно з кварцу, польового шпату та слюди. Він відзначається винятковою міцністю (понад 100 МПа), низьким водопоглинанням і високою морозостійкістю, що робить його ідеальним для зовнішнього облицювання фасадів, дорожнього будівництва (саме бруківка) та виготовлення стільниць. Основні види обробки: пиляний, полірований (для декоративності) та термооброблений (для створення антиковзної шорсткої поверхні).

Мармур - метаморфічна порода, що утворилася внаслідок перекристалізації кальциту та доломіту. Він має середню міцність, але надзвичайно високу декоративність завдяки текстурі та здатності до дзеркального полірування. Основні застосування - внутрішнє оздоблення,

скульптура та елементи інтер'єру. Через чутливість до кислот його рідше використовують для зовнішніх робіт. Основні види обробки: пиляний, полірований, шліфований та тесаний.

Кварцит є метаморфізований пісковик, що містить переважно кварц. Ця порода має надзвичайно високу твердість і міцність, а також стійкість до хімічних та термічних впливів, що зумовлює його застосування у виробництві вогнетривів, хімічній промисловості та для високоміцного облицювання. Обробляється він складно і часто використовується у колотому або пиляному вигляді.

Пісковик - осадова порода, де зерна кварцу, польового шпату та слюди скріплені цементом. Його міцність варіюється залежно від типу цементу. Пісковик цінується за легкість обробки та використовується в реставраційних роботах, кладці стін та ландшафтному дизайні. Типові види обробки: тесаний, пиляний і шліфований.

Лабрадорит - магматична інтрузивна порода, утворена переважно мінералом плагіоклазом (лабрадором). Його ключова особливість - іризація (кольорові переливи), що робить його цінним декоративним матеріалом. Застосовується для декоративного облицювання та пам'ятників. Як і граніт, він піддається пилянню та поліруванню.

Базальт - магматична виливна (ефузивна) порода, що складається з плагіоклазу та піроксену. Характеризується дуже дрібнозернистою структурою, високою густиною та міцністю. Базальт хімічно стійкий і використовується у дорожньому будівництві та для виробництва базальтової фібри. Обробляється шляхом колоття, шліфування або навіть лиття після плавлення.

Таким чином, вимоги до обробки критично залежать від твердості матеріалу, яка корелює з вмістом кварцу. Породи з високим вмістом кварцу вимагають алмазного інструменту для різання, тоді як м'якіші кальцитові породи легше поліруються до дзеркального блиску.

Висновок

Природні кам'яні матеріали займають дуже вагому роль у будівництві і володіння інформацією про них, хоча б базове знання характеристики є важливим аспектом того, хто знаходиться у сфері будівництва.

Список використаних джерел

1. П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський, М. О. Кочевих, Ю. Г. Гасан, Б. Я. Константинівський, В. О. Ракша. Будівельне матеріалознавство, Київ 2012. С. 76-101.

УДК 691.175

БЕТОН У СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ

Сліченко М. М. студ. гр. АМ23, Гасанов А. Б., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Дослідження присвячене аналізу художніх властивостей бетону та його конструктивних можливостей щодо покращення якості проєктних рішень в архітектурі.

Бетон сьогодні є одним із провідних матеріалів, які впливають на розвиток нових художньо-образних практик в архітектурі. Його фізико-механічні властивості, технологічна гнучкість та пластичність дозволяють реалізовувати складні конструктивні й естетичні рішення, які формують обличчя сучасного міста.

Історія використання бетону як будівельного матеріалу бере початок ще з стародавнього Риму. У давніх цивілізаціях він застосовувався для спорудження оборонних конструкцій, інженерних систем та акведуків. Водночас активне включення бетону до мистецьких і архітектурних практик почалося лише на початку XX століття у зв'язку із вивченням його властивостей. Архітектори почали розглядати бетон як штучний матеріал з перспективними можливостями. Так, один з ключових майстрів модерністської архітектури Ле Корбюзьє — вибрав бетон у якості основного матеріалу, за допомогою якого він був спроможним реалізовувати свої конструктивні ідеї.

Бетон поділяється на монолітний і збірний. Монолітні елементи виготовляють безпосередньо на будівельному майданчику в опалубці; вони армуються сталевими чи композитними елементами. Зазвичай такі конструкції формують великі просторові поверхні — стіни, перекриття або колони. Збірні елементи — це вже готові плити, панелі та інші конструктивні частини. Монолітний бетон у проєктних рішеннях потребує врахування навантажень, натомість збірні елементи можна використовувати під час реконструкції, що дозволяє використовувати їх під час реконструкції будівель.

У сучасній архітектурі бетон виконує не лише конструктивну, а й виразну функцію. Він використовується для створення декоративних фактурних поверхонь фасадів та складних геометричних форм. Архітектори цінують бетон за його стриману естетику, універсальність та здатність гармонійно поєднуватися з деревом, склом або металом. Саме тому цей матеріал сьогодні має особливе значення. Хоча на ринку існує низка матеріалів, які імітують декоративні властивості бетону (декоративні штукатурки, фарби, шпалери), проте вони не відтворюють його фізичних властивостей.

Бетон характеризується рівномірною та гладкою структурою, що дозволяє відмовитися від додаткового оздоблення, що саме цінують передові архітектори сучасності. Використання матриць та різного роду сучасних опалубок дає змогу отримувати різноманітні конструктивні і декоративні ефекти. Бетон навіть може відтворити фактуру деревини з її природними сучками та річними кільцями.

Серед сучасних тенденцій розвитку бетонних технологій варто відзначити екологічну складову. Бетон піддається переробці, а нові рецептури сумішей сприяють підвищенню теплоізоляційних властивостей будівель та зменшенню енергоспоживання. Екологічно вдосконалені види бетону розширюють можливості його застосування в архітектурі майбутнього.

Висновок. Таким чином, бетон залишається одним із ключових матеріалів сучасної архітектури. Його функціональні та естетичні характеристики забезпечують широкий спектр можливостей для технологічного й творчого розвитку, а сучасні тенденції підтверджують його значущість у культурному та інженерному контексті.

Використані джерела:

1. Архітектурний бетон: Класифікація, склад і методи формування URL: <https://stroyfibra.com.ua/arhitekturnii-beton-klasifikaciya-sklad-i-metodi-formuvannya/> [23.11.2025]

2. Бетон в архітектурі URL: <https://lviv-rda.gov.ua/beton-v-arkhitekturi/> [24.11.2025]

ОСОБЛИВОСТІ МАНСАРДНОГО ДАХУ НА ПРИКЛАДІ САДИБИ ГОРДІЄНКА В СЕЛІ КАДНИЦЯ

Сліченко М.М. студентка 2 курсу

Рябушина І.О., кандидат архітектури, доцент

Державний біотехнологічний університет

Дослідження присвячене особливостям садиби Гордієнка в селі Кадниця, розглядаються історія та незвичайні відзнаки споруди – її дивний дах; мансардні дахи в цілому, історії їх виникнення та використання.

Садибу Гордієнка, що розташована біля живописного озера в селі Кадниця Богодухівського району Харківської області, було зведено на самому початку XIX ст. колезьким асесором, ватажком валківського дворянства А.І. Ковалевським. Ковалевські були освіченою та популярною сім'єю, знали з багатьма відомими людьми, в т.ч. з Н.А. Каразіним, який приймав активну участь у заснуванні та формуванні Харківського університету, і Г.С. Сковородою, з яким сім'єю пов'язувала тісна дружба.



Маєток декілька разів переходив до нових власників, останнім з яких був нащадок давнього козацького роду Доценків дворянин Є.С. Гордієнко, освічена та дуже активна людина – професор кафедри фармакології Харківського університету, член-кореспондент Паризького фармацевтичного товариства, відомий громадський діяч (постійний член Харківської міської думи, очолювач Повітової земської управи, почесний член багатьох товариств та ін.). А ще він опікувався освітою сільського населення, будівництвом та благоустроєм шкіл, навіть передав свою кадницьку садибу під земську школу (1892), яка запрацювала вже в 1893 р., а в 1894-му школі було привласнено ім'я засновника.

Ставши володарем садиби, Гордієнко провів деякі будівельно-оновлювальні роботи, маєток привів до ладу та осучаснив. Що саме було змінено, достоїменно невідомо, але будинок придбав типові риси садибної архітектури другої половини XIX ст. Особливу увагу привертає дивний, зовсім нестандартний, мансардний дах головного фасаду – нібито, з «крилами». Сам по собі мансардний дах зустрічався досить часто і не був чимось незвичайним в палацах та садибах українського панства, але ж тут і зовсім дивовижа...

Свою популярність мансардні дахи набули у XVII ст., коли їх винайшов та став активно застосовувати французький архітектор Ф. Мансара, звідти і назва. Простір під таким дахом стали звати мансардою, що у перекладі з французької – «горище». Мансарда утворювалась похилими, або ломаними поверхнями даху, її висота варіювалась від одного до декількох поверхів, але не могла бути нижчою за 1.5 м у верхній точці. Точних правил побудови мансардного даху не було, прийоми могли бути різними, тому часто в одній будівлі зустрічались різні варіанти – формувались оригінальні фасади, що легко запам'ятовувались.

Мансара запропонував використовувати простір (горище), що створювала нова форма даху, як житло. Ідея швидко прижилася – спершу невеличкі приміщення заселяли обслугою, яка не могла користуватися парадними сходами, до мансард влаштовували окремі, тісні та незручні «чорні» сходи. Після соціальних перебудов, коли обслуговуючий персонал став проживати при квартирах господарів, невеликі та дешеві мансардні кімнатки стали здавати в найм студентам і творчому люду – поетам, письменникам, музикам, митцям.

Будинки з мансардами дуже швидко стали основною образотворюючою складовою французьких міст. Так же блискавично швидко вони були признані в сусідніх європейських державах, правда, не всюди однаково, та у США – в забудові міст і навіть приватного житлового сектору. На українські землі, у

західні/східні регіони, мансарди потрапляли різними шляхами і не одночасно. В першій половині XIX ст. їхня популярність дещо знизилася, але ближче до кінця сторіччя стався новий бум – міста активно розросталися, земля ставала все дорожче – мансарди дозволяли збільшити корисну житлову площу без надбудов та зберегти гармонійний масштаб вулиці.

Основну роль в швидкому розповсюдженні різних впливів, включаючи мансардні дахи, відігравали тісні культурні та побутові зв'язки з європейським світом, особливо з Францією. Мода на все – від їжі до архітектури, французька мова у повсякденні; для мандрів та освіти частіше також обирали Францію як центр культурного життя, мистецької та технічної освіти. З іншого боку, поява на наших теренах європейських лікарів, вчених, архітекторів, митців не була якоюсь особливою подією для великих міст, для провінції – трохи дивовижею.

Таким чином, поява мансардного даху в скромній садибі маленької провінційної Кадниці не була такою вже випадковістю. Це – результат поєднання європейського досвіду, прагнення до осучаснення та модернізації як самого Гордієнка, так і загального культурного руху, що пов'язував українські землі з традиціями Франції, Німеччини, Австрії, Польщі та інших країн. Саме так з'явився не зовсім звичний для сільської частини Слобожанщини дивного абрису мансардний дах. Але саме пошуки етимології такої незвичної, «крилатої» форми цього даху є наступним етапом дослідження.

Використані джерела:

1. Що таке мансарда? URL: <https://dominantwood.com.ua/uk/blog/slovnik/mansarda?srsltid> [02.11.2025]
2. Кадниця. URL: <https://ukrainaincognita.com/mista/kadnytsia> [02.11.2025]
3. Гордієнко Єгор Степанович. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> [14.11.2025]

УДК 72.013

КОНЦЕПЦІЯ ПРОТИЛЕЖНОСТІ В АРХІТЕКТУРІ ЯК ФІЛОСОФІЯ ДУАЛЬНОГО БАЛАНСУ

Піоварова І. Ю. студ. гр. А23, Акмен І. Р. канд. арх.

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є спроба виявити як філософська універсальна категорія протилежності віддзеркалюється на концептуальних рішеннях архітектурного простору у загальному вигляді та у зв'язку із проєктними завданнями з курсу основи архітектурно-містобудівного проєктування.

Почнемо з того, що в нашому оточенні протилежність сприймається свідомістю і фіксується у всіх сферах людського пізнання. У мові - протилежність визначається як антонім - слово з протилежним значенням і саме мовна культура є найпростішим вербальним перекладом суті виявлення протилежності, яка може бути легко розуміла у відповідному культурному середовищі. А як перекласти просторові відносини

протилежності, щоб вони, так як і мова, стали визначальними та зрозумілими в архітектурному і містобудівному контексті.

Відповідь на це питання прийшла з давньокитайської міфології та натурфілософії в теорії творчої єдності протилежностей Всесвіту. Середовище Всесвіту грає не просто фонову роль, а є активним учасником подій — світло і його оточення, так саме і тінь, містять приховані підказки або деталі, які розкривають наше буття у просторі.

Розглядаючи просторову симетрію двох частин Всесвіту, філософія Дао відкрила динамічне чергуванням і взаємодією протилежних сил у розподілі Неба й Землі, що передувало первозданній цілісності світу. Це джерело всього сущого називалося Хаосом («хундун») або Безмежним («у цзи»). Щоб почалося створення світу, хаос повинен був диференціюватися. Перш за все, він розпався на два основні елементи — ян та інь. Взаємодія цих елементів призвела до утворення предметів видимого простору. Первісно інь і ян означали відповідно гтінювий і сонячний схили гори, що не зводяться один до одного, але й не відрізняються один від одного, а їхнє якісне розходження обумовлюється не внутрішньою природою самого схилу, а сонцем, яке по черзі висвітлює обидва схили. Сонце, як вони уявляли, обертається по колу, пливе повільно та неспішно. І, досягнувши піку, наче відступає: «Ян, досягнувши піку свого розвитку, відступає перед обличчям Інью. Іннь, досягнувши піку свого розвитку, відступає перед обличчям Яна» [1]. У центрі кожної частини маленьке коло протилежного елемента для позначення, що Іннь завжди має частинку Ян і навпаки.

Прототипом філософського символу протилежності в трипільській культурі є знак з умовною назвою «дві рибки» («два вужі», «дві змії»), який трактувався також під глибинним впливом міфології. Для трипільців (X-V ст. до н.е.) ця дуальна пара позначала поєднання духовного і матеріального та відображалась на ритуальних керамічних виробах протягом усього часу існування стародавніх міфологічних традицій. Ця народна традиція також відобразилась у мовній культурі, де і досі існують протилежні пари: з далека та близька, жива вода та мертва, високо та низько. Також графічна праслов'янська символіка наклала відбиток і на традиції в мистецтві кінця XIX – початку XX століття.

На сьогодні один із найбільш фундаментальних засобів просторового втілення в архітектурі філософської універсальної категорії протилежності — це протиставлення маси (Інь) та порожнечі (Ян), коли маса символізує твердість, захист, стабільність, а порожнеча — відкритість, прозорість, рух. В архітектурі це виражається у формальних і психологічних протилежностях між глухими, важкими стінами, монолітними конструкціями (залізобетон, камінь), темними або земляними кольорами та скляними формами, легкими матеріалами відкритими атріумами, терасами, що пропускають світло.

Ярким прикладом філософії протилежностей став Новий Лувр Абу-Дабі - художній музей, який запроєктований широко відомим французьким архітектором Жаном Нувелем (відкритий у 2017 році). Архітектор прийшов до розуміння того, що світло можна спроектувати, як ефірний матеріал, що у перетинаннях з бетоном буде створювати концепцію динамічного руху.

Інший архітектор — Тадао Андо, який, завдяки використанню динамічної протилежності, створив концепцію мінімалістської архітектури, що характеризується строгими важкими геометричними формами і легким простором, глибина якого підпорядковується проміннями світла та індивідуальністю простих ліній.

Знайомство з однією з найважливіших філософських категорій спричинило мене звернутися до ідеї протилежності у формуванні загального архітектурного рішення «Кафе на 150 місць». За образним задумом, який відповідає особистій трактовці стародавніх міфологічних ідеологій та їх послідовного втілення у проєкт. Тому було розглянуто художньо-композиційне рішення, яке, в першу чергу, полягало у встановленні зв'язку з оточуючим середовищем і його філософським та емоційно-психологічним осмисленням.

Розташування кафе в оточенні двох міських магістралей вимагає відповідного художньо-композиційного рішення, яке в першу чергу полягає у пошуках дуальності осмислення: в'їзд та виїзд з міста, зовнішні та внутрішні кола ландшафту, взаємодія природи та архітектури.

Тому моєю метою є розробка взаємодіючих між собою двох частин, а саме кафе та рекреаційної зони. Моє бачення відчуло це так: по центру проєктуємої площі я розмістила прогулочний «басейн» завдовжки 100м. Він має плавну форму. Нагадує розділені частинки інь яну, які є видовженими та з'єднаними на гострих кінцях. Басейн поступово заглиблюється на 3 метри рівнями, по яким можна прогулюватися. Буде засаджений газоном. Над заглибленням пролягатиме міст, який матиме дві функції. Перша це перехід з однієї сторони на іншу, а друга функція оглядова.

відстані 8-10м з правого краю заглиблення (в сторону зіткнення магістралі та нижньої вулиці) розташується кафе. Будівля наче обтікає басейн і вигляд з головної зали як раз на нього. В свою чергу головна зала має панорамні вікна. Якщо поступово переміщатися вправо, до зіткнення доріг, то за кафе знаходиться автомобільна парковка, за якою розташується кінотеатр під відкритим небом, де можна подивитися фільм не тільки сидячи на спеціальних місцях, а й з машини, бо автомобільні місця розташуються за сидячими місцями.

Висновок.

За результатами дослідження філософської універсальної категорії протилежності було обрано художній образ та композиційні прийоми для побудови архітектурного простору та ландшафтного оточення, що складає загальну ідею архітектурного проєкту та відображає концепцію дуальності.

Список використаних джерел

1. Манжара С.О. Динаміка семантики символу Ін-янь у глибинно-корекційній підготовці майбутнього психолога. Теорія і практика сучасної психології, 2018. № 2. С. 150-157.
2. Видейко М. Україна: від Трипілля до Антів. Київ : КВІЦ, 2008. 279 с.
3. Василь Григорович Кричевський : хрестоматія в 2-х т. Харків : Видавництво Савчук О. О., 2016. 532 с.

4. Дерябіна О.О. Кафе на 150 місць: метод. вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи архітектурно-містобудівного проєктування» для здобувачів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 191 «Архітектура та містобудування» / Держ. біотехнолог. ун-т; уклад. О. О. Дерябіна. Харків: ДБТУ, 2024. 24 с.

УДК 72.01/.05

БІОФІЛЬНИЙ ДИЗАЙН В АРХІТЕКТУРІ: ОФІСИ, КОВОРКІНГИ, НАВЧАЛЬНІ ПРОСТОРИ

Чорноног А.Ю., здобувач 4 курсу, Масленнікова В.В., к.ек.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є поняття біофільного дизайну як інноваційного підходу до архітектури, який включає в себе природні елементи та процеси, визначити його принципи, прийоми і переваги.

Що таке біофільний дизайн? Біофільний дизайн - це підхід до проєктування та будівництва, який прагне інтегрувати природні елементи та процеси в архітектурне середовище, щоб покращити фізичне та психологічне здоров'я людей. Він базується на ідеї, що люди мають вроджений зв'язок з природою і що перебування в середовищі, яке імітує природні умови, може мати позитивний вплив на їхнє самопочуття [1].

Основні принципи біофільного дизайну включають [1]: використання природних матеріалів; включення живих рослин; залучення природного світла; використання природних форм та кольорів; створення водних елементів; інтеграція звуків природи.

Чому це актуально? За даними ВООЗ, тільки у 2012 р. 3,3 млн. людей померло в результаті захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря всередині приміщень. Шкідливий вплив токсичних речовин повітря житлових приміщень на стан здоров'я відомий ще із 70-х років 20 ст. під назвою «синдром хворих будівель». Від 29 до 80 % обстежуваних, які проживають чи працюють у сучасних будівлях, відмічають симптоми, характерні для цього синдрому. Їх часто турбує головний біль, нежить, лоскотання в горлі, безсоння. Вони швидко втомлюються, відчують загальну слабкість, скаржаться на погане самопочуття, схильність до захворювань верхніх дихальних шляхів, подразнення слизових оболонок. З синдромом хворого будинку також часто пов'язують розвиток алергічних та аутоімунних реакцій, полівалентної сенсibilізації, імунodefіцитних станів, зростання схильності до респіраторних захворювань [2]. Тому впровадження принципів біофільного дизайну на робочому місці може мати численні переваги самопочуття співробітників. Дослідження показали, що перебування на природі або в оточенні природних елементів може призвести до вищого задоволення від роботи та підвищення залученості працівників.

Архітектурні прийоми біофільного дизайну:

1. Об'ємно-просторові рішення [2]

- Атріуми та зимові сади (приклад: Amazon Spheres, Сіетл).

Нова штаб-квартира гіганта онлайн-рітейла робить ще більший наголос на взаємодії з міським середовищем, створюючи квартал будівель, площ та громадських просторів, який органічно вписується у існуючу структуру Сіетла. Найзнаковий елемент — тріо скляних сфер, у яких розташований багаторівневий ботанічний сад із 40000 рослин, зібраних у високогірних хмарних лісах п'яти континентів.

Сфери це місце, де співробітники можуть | думати і працювати в оточенні рослин. Доведено, що спілкування з природою допомагає людям почуватися невимушено та творчо мислити. The Spheres призначені і для того, щоб допомогти співробітникам Amazon працювати найкращим чином, а у вихідні відкриті для публіки. Це результат інноваційного мислення про характер і робочого місця та розширену розмову про і те, що зазвичай відсутня у міських офісах — прямий зв'язок із природою.

- «Зелені» фасади та дахи (приклад: Bosco Verticale, Мілан).

Bosco Verticale (вертикальний ліс) — один із піонерів «зеленої» архітектури, який досі є прикладом гарного поєднання стилю та екологічності.

Житловий комплекс складається з двох веж: вежі D заввишки 85 метрів (18 поверхів) та вежі E заввишки 117 метрів (27 поверхів). На фасадах будівель було висаджено 1600 дерев, а також чагарників та трав, сумарною площею 10,1 тисячі квадратних метрів, що становить 41% від їхньої зовнішньої поверхні. На перших поверхах розташувалися соціальні та торгові приміщення, а навколо комплексу було збудовано зелену зону. Рослинність на фасадах будівель дозволяє переробити близько 40 тонн вуглекислого газу на рік.

2. Матеріали та текстури

- Дерево, камінь, глина - тактильний зв'язок із природою. Прикладом може слугувати проекти Kengo Kuma: Great (Bamboo) Wall (Пекін) / Велика (Бамбукова) Стіна - стіни-фільтри з бамбука: повітря, світло проходять, кордон залишається символічним. Бамбук дає «теплу» фактуру, мікронерівності та запах - це працює на біофілну прив'язку та зниження стресу в open-space.

Науково-дослідна будівля Daiwa Ubiquitous Computing. Шари, виготовлені з кедрового дерева, надають екстер'єру органічного відчуття, яке контрастує з високотехнологічними предметами, що вивчаються тут. «Наша мета полягала в тому, щоб відірватися від традиційного образу кампусів, які складаються з твердих матеріалів, таких як бетон, метал або камінь, і натомість спроектувати м'яку будівлю, зроблену з дерева та землі», - пояснила студія у заяві. «Тут чешуйні панелі з натуральних матеріалів м'яко хвилюються, утворюючи гладкий і органічний фасад».

3. Динаміка світла та повітря [3]

- Світлові колодязі, кліматичні системи, що імітують бриз. Прикладом може слугувати проект Khoo Teck Puat Hospital (Сінгапур) - природна вентиляція та водоспади. Композиція у формі V, що відкривається на північ - природна вентиляція через ставок з дощовою водою. Оболонка будівель регулює прозорість та затінення, забезпечуючи світло, вітер і краєвиди без ризику

перегріву чи дощу. Простір задуманий як «подібний до лісу»: водні елементи, рослини, що приваблюють птахів і метеликів.

4. Природні патерни та фрактали. Наприклад, будівля Google Dublin.

- Органічна форма й матеріали. В офісі присутні дерев'яні хвилясті стелі, фактурні панелі (Troldekt) та дизайнерські елементи, що нагадують дерево чи ліс — імітують природні патерни і фрактальні структури.

- Тематичні простори. Кожен поверх має унікальне оформлення — наприклад, "Be Green" з зеленим «покриттям» (мітка «трави»), «forests of the world» із деревовидними елементами, "ruralscape" тощо.

- Природні патерни в деталях

Використані органічні мотиви: «дерев'яні» принти в килимах, м'які хвилясті форми світильників, декоративні елементи, що нагадують кору чи листя.

Біофілія в офісному та навчальному дизайні: ключові приклади.

1. Apple Park (Купертіно, США)

- Біофілійний підхід (80 %): кампус спроектовано таким чином, що понад 80 % території займають зелені насадження (дощоволубні дерева, фруктові сади, трави) - це створює атмосферу парку, а не корпоративного комплексу.

2. NTU (Nanyang Technological University, Сінгапур)

- Кампус – «місто в саду»: NTU — однією з найбільших університетських територій у Сінгапурі (~200 га), де інтегровані зелені простори, садки, «міські парки». Університет поділяє ментальність Сінгапуру — тут навчаються студенти з усього світу, його архітектура включає технології та екологічно чисті, зелені будівлі.

Найвідоміша будівля NTU - це The Hive (Булик), у місцевих званий будівлею кошиків для димсамів, створена британським архітектором Томасом Хезервіком — з унікальною формою, символом біоморфної архітектури. Це 12 циліндричних веж, що нагадують бджолині стільники.

Ефективність біофілійного дизайну полягає у масштабному глобальному дослідженні, яке охопило 7600 офісних працівників у 16 країнах. Воно показало, що співробітники, які працюють в офісах з природними елементами, демонструють на 15 % вищий рівень креативності та продуктивності, ніж ті, хто працює в офісах без таких елементів.

Класичне дослідження НАСА (BC Wolverton, 1989) довело, що кімнатні рослини можуть видаляти до 87 % токсинів із повітря за 24 години. Чисте повітря безпосередньо впливає на когнітивні функції, зменшення головного болю та підвищення зосередженості, що створює умови для вищої продуктивності. Опитування в офісах Amazon Spheres показали підвищення рівня щастя та задоволеності роботою [3].

Виклики біофільного дизайну [2]:

- Висока початкова вартість;
- Інтеграція живих систем може коштувати на 20-30 % дорожче за традиційні рішення;
- Архітектурно-конструктивні обмеження;

- Складність обслуговування;

Пропозиції, щодо вирішення таких проблем:

- Довгострокова економія за рахунок зниження абсентеїзму, підвищення продуктивності та утримання персоналу. Абсентеїзм — відсутність на робочому місці без поважних причин.

- Поетапне впровадження, тобто почати з одного якогось простору (наприклад, зона релаксу), а не всього офісу одразу.

- Інтеграція на етапі проектування, а саме залучення біофільного дизайнера та інженера на ранніх стадіях для розрахунку навантажень, прокладання комунікацій.

- Автоматизовані системи у вигляді використання фітостін з автополивом, датчиків вологості ґрунту, смарт-освітлення, що імітує сонячний цикл.

Дослідження показують, що навіть імітація природних форм і текстур може давати частковий позитивний ефект.

Виходячи з вищенаведеного, можна сформулювати принципи біофільного дизайну [3]:

- становити стійкість та систематичну взаємодію з природою;

- використовувати досвід адаптації людини до природного середовища в ході еволюції для підвищення рівня здоров'я, фізичної форми та благополуччя людей;

- підтримувати прихильність людини до певного місця та простору;

- сприяти позитивній взаємодії між людини та природи, щоб виховувати почуття креативності та відповідальності за людські та природні спільноти;

- стирання кордонів між зовнішнім та внутрішнім простором;

- дизайнери включають дуже багато живих рослин у будь – який інтер'єр, як житловий, так і громадський. Такі зелені зони є своєрідним «притулком», що дозволяє людям з'єднатися із природою на роботі чи вдома;

- вирощування овочів та фруктів у житлових приміщеннях, наприклад, на кухні, у вітальні чи навіть у спальні;

- натуральні матеріали: сучасна промисловість дає безліч інноваційних способів використання вторинної сировини та відновлюваних матеріалів.

Висновок. Біофільні рішення стають все більш поширеними завдяки їх позитивному впливу на добробут людей. Розуміння і реалізація біофільних принципів вже сьогодні мають важливі значення для створення умов існування, які ми хочемо бачити навколо себе. Біофільні рішення залишаються все більше поширеними у сфери проектування простору завдяки його позитивному впливу на здоров'я та благополуччя людей. По суті, формуються нові уявлення про художнє оформлення простору: інтер'єр як краєвид; архітектура як ландшафт.

Список використаних джерел

1. Біофільний дизайн: повернення до природи. <https://sad.ukr.bio.ua/articles/10506/>

2. Біофільний інтер'єр. Що це? <https://eds.ua/blog/article/biophilic-interior-description>

3. Корнілова Л.В. Біофільність як ключова ідея архітектури /Матеріали 3

міжнародної науково-практичної інтерконференції «Сучасні знання: дослідження та відкриття», 2024.
https://www.researchgate.net/publication/382857372_Biofilnist_ak_klucova_idea_arhitekturi

УДК 728.1:316.334.56

PRINCIPLE OF CORRESPONDENCE BETWEEN CONTEMPORARY RURAL HOUSING AND ITS USERS

Turikova O. Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

The research problem concerns the architectural-compositional and design reflection on the manifestations of the contemporary rural way of life, illustrated through the lifestyle of a specific user.

The point is that today's rural residents are not homogeneous, universal agricultural workers, but individuals with different levels of education, various social and economic standings, diverse degrees of involvement in the system of agricultural production, or no involvement at all. They may reside permanently in the countryside or come there for a certain period; their origins and family roots are not always connected to the rural locality where they currently own or rent housing, and so on [1].

Thus, the classification characteristics that allow one to determine the specificity of a rural-area housing client span a wide range.

If architectural design aims to project a lifestyle, then an analysis must be carried out across all classification characteristics to determine the lifestyle parameters being designed. The social role performed by the resident is expressed in their material environment, in the organisation of space, in the dimensions and level of equipment, and so forth.

The contemporary rural resident in the traditional sense is a person with an average level of education and income, who has family roots and habits typical of a villager, devoted to folk traditions and festivities; such a person follows established seasonal and daily routines, possesses communication habits related to collective and communal living, and typically maintains additional private household activities in the yard. The lifestyle of such a resident is embodied in traditional forms with deep folk origins and long-term validation, adapted to numerous variations and fixed in collective consciousness as the only possible model: the house, the homestead with auxiliary structures, animals, and non-standardized working hours. Buildings for such users have been designed for decades.

However, if a person embodies different qualities and value foundations—if they are a product of scientific and technological progress, oriented toward implementing changes in the rural way of life—then new interpretations of domestic routines and leisure appear, along with new requirements for the planning and composition of the plot and the building.

Reference

[1] **Ghosh, B.** Need for rational approach to rural housing // *Journal of Housing & the Built Environment*. – 2019. – Vol. 34, № 4. – P. 1163–1179.

УДК 72:728.6

PRINCIPLES OF DESIGNING A MODERN RURAL HOMESTEAD

**Turikova O. Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Osadcha T. Assistant**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Research problem – rural homestead development in its modern form, including both innovative and traditional approaches and principles in the design of rural housing.

A distinctive feature of rural development in Ukraine is the legacy of the former way of life, which was based on collective farming, division of labour, and the mass involvement of workers in various types of rural activities. Moreover, the specifics of shared living were rooted in folk traditions, seasonal celebrations, and diverse rituals characteristic of settlements that have long existed in the same place, with lives connected to the historical memory of generations.

The relevance of the study lies in identifying the basic principles of communal living in rural areas and resolving the contradictions arising from the introduction of scientific and technological progress and the transformation of the rural way of life and production.

Modern rural settlements, especially housing development, are highly conservative by nature [1].

If we distinguish the principles underlying the traditional rural settlement, they are as follows:

- the principle of seasonality, considering the peculiarities of natural conditions across seasons and the specifics of seasonal agricultural work;

- the principle of the household compound, which includes two ways of leisure: rest after agricultural work by switching to other types of activity, and additional agricultural tasks according to the owners' preferences and local traditions;

- the principle of collectivity and transparency of life, where all residents know each other and depend on public opinion;

- the principle of demonstrative accumulation of well-being, expressed mainly in quantitative ways;

- the principle of persistence of folk rituals and material forms.

In the context of transformational changes in rural settlement patterns, it is worth noting that in Ukraine, the trend—common in European countries—towards **THE FORMATION** of so-called re-urbanised areas is becoming more pronounced. These areas are predominantly represented by cottage towns and eco-settlements located within large suburban villages, where the previously established traditional distinctions

between urban and rural settlements, as well as between urban and rural lifestyles, are essentially being levelled [2].

Modern technological progress, changes in land ownership and its usage, the emphasis on profitability, the alienation of landowners from direct work on the land, delegation of responsibilities to supervisors and managers, and the replacement of national traditions with globalist approaches—all contribute to people's detachment from agricultural labor, perceiving it not as a way of life but as a means of financial gain or loss.

Living in rural areas today is increasingly based on the following principles:

- ecological expediency;
- economic benefit;
- managerial convenience;
- technological advancement and implementation of information technologies;
- intentional distancing from metropolitan hustle and contemporary urban social pressures;
- absence of traditions and any restrictions.

Thus, the development loses its individual characteristics; the idea of generational continuity and cultural evolution is destroyed; universal ones replace national traits; the principle of expediency replaces the principle of closeness to nature. Personal attachment to the building, as to a parental home, disappears, and therefore the need for the durability of the building and its equipment also vanishes.

Conclusions.

Agricultural lifestyle is no longer a defining factor in the design of rural housing today. This design is not connected with historical, cultural, or national traditions; it has a globalist character and aims to ensure conditions for the profitability of the household.

The replacement of basic principles leads to changes in the external appearance and planning of the homestead: not stability, but variability; not permanence, but flexibility, technological adaptability, replicability, and adjustment to forms arising from scientific progress. The modern rural inhabitant no longer associates their personal life with the village.

Reference

[1] O. Kolodrubska, Principles of formation of architectural and planning decisions of farmstead in the Western Podillya, Abstract of the dissertation ... Cand. arch. : 18.00.02, Kyiv. p.20, 2007

[2] Zaiats, T. A. (Ed.). Transformation of Rural Settlement in Ukraine: Monograph. Kyiv: Ptoukha Institute for Demography and Social Studies of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2017. 298 p.

УДК 721:728.6:37

TYPICAL MISTAKES IN EDUCATIONAL DESIGN OF INDIVIDUAL HOUSING IN SUBURBAN AND RURAL AREAS

**Tokar V. Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Osadcha T. Assistant**

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

The problem of the study lies in the correspondence of student projects to contemporary requirements and trends in the design of individual housing. Student design should be oriented toward new principles and perspectives, as well as lifestyle. In the context of ongoing changes and challenges of our time, it is essential to consider the contradictions between breakthrough technologies and human conservatism in organising personal living space. The relevance of this research lies in the analysis of the design task formulation and the results of student works, which often acquire formal features, lack a theoretical foundation, disregard modern design practices, and do not take into account global trends and prospects.

Designing an individual house at the level of conceptual student projects is intended to solve several tasks:

- mastering the methodology of designing individual estate-type housing;
- familiarising with the peculiarities of the client and taking into account the client's requirements in the design process;
- acquiring up-to-date knowledge of constructions, materials, building technologies, etc., used in individual housing construction;
- embodying a lifestyle in a material form that must meet the requirements of harmony and beauty;
- learning architectural drawing technologies, among others.

The projects completed by students year after year show almost no significant differences. All of them follow a template that does not imply design specificity, does not convey an author's conceptual idea, and, most importantly, does not foresee any lifestyle or scenario of actions inside and around the building. The projects contain a standard set of architectural and construction drawings that reflect neither a creative concept nor an analysis of existence, but only the level of the author's representational skills. This can be referred to as “designing in a vacuum.”

All these shortcomings can be prevented if the design is preceded by an analysis of the consumers and their lifestyle, as well as an analysis of existing conditions.

The philosophy of the project should be presented through exploratory sketches, whose themes stem from the personality for whom the project is being created. This involves developing a social profile of the consumer, identifying their social role and expectations of the project. If it is impossible to provide a real client, it makes sense to simulate a business game based on the “client–designer” interaction model.

Dialogical design should begin with the study of the client's personality, life priorities, and goals, and with scenario modelling of processes that define a particular lifestyle. This “theatre on paper,” although not similar to traditional drawings,

contributes to understanding what and when will happen in the designed object. If the living conditions are connected with a certain rural area and the client's inclusion in production or household processes, it is advisable to study the development concept of the settlement, its social profile, and other publicly available materials. Studying real-life conditions broadens the understanding of how the residents live, how they interact, and the degree of autonomy even within a private house.

The specifics of living in rural areas shape a certain mentality of inhabitants, which reflects folk traditions, social values, rituals, and priorities [1]. It is impossible to design "a dwelling in general." One always designs "a dwelling somewhere." Life behind the fence, life without gates, life inherited from ancestors, or life from a blank page... Outbuildings, internal routines, seasonal and daily schedules are integral parts of the analysis preceding design actions.

Thus, the main mistakes in educational design concern the sequence of design actions: we should not design a building first and then adapt it to the given conditions — instead, we design life within its material shell. We should not simply make drawings, but rather depict a cross-section of personality within its environment, habits, traditions, beliefs, priorities, and prospects.

We aim to refine our conceptual design skills to the highest level in order to enhance adaptability and the speed of generating solutions in real-world architectural practice.

Conclusion.

In student projects, it is necessary to shift the focus from drawings to philosophy, to the individualisation of the building's image in accordance with the client's requirements and expectations, and to the composition of life processes considering the real conditions of their course (both external and internal). The environmental metaphor and the project's title may reflect the philosophy, essence, and meaning of life. World literary heritage offers us examples such as *Bleak House*, *The House of Broken Hearts*, and *The Hut on Chicken Legs*, among others.

Further research may be devoted to the artistic and imaginative interpretation of the idea.

References

[1] Narkhede, P. G. (2009, May). *The design principles for low cost housing in rural areas*. Architecture – Time, Space & People. BKPS College of Architecture, Pune

УДК 728.8

ВПЛИВ СВІТОВОГО ДОСВІДУ, СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ НА УКРАЇНСЬКИЙ СІЛЬСЬКИЙ БУДИНОК

Топал С.С. к.т.н., Одінцов О.С. студент, Ніколаєва А.М. студентка

Архітектурно-художній інститут Одеської державної академії будівництва та архітектури

Метою дослідження є визначення сучасних тенденцій формування українського сільського будинку як варіанту комфортного зручного житла, що тісно пов'язане з природою та гармонійно вписане в оточуюче середовище

Наші уявлення про традиційний сільський будинок в Україні одразу намалюють нам хатинку – невеличку та затишну, створену з природніх матеріалів, під стріхою, з невеликими вікнами, з певним розташуванням приміщень в чіткій відповідності до їх функції. Селяни зазнавали багатовікове соціальне гноблення, мали обмежені економічні можливості та знаходились в повній ізоляції від шляхів розвитку світових професійних архітектурно-художніх шкіл [1]. Але кожний регіон, кожна місцевість формувала житло за своїми канонами та правилами (рис.1, 2). Пропорції, художні прийоми оформлення архітектурних елементів, характерні особливості інтер'єру, мальовничі засоби оздоблення стін та меблів, типові елементи декору, розпланування подвір'я... Не зважаючи на обмеженість матеріальних ресурсів, сільський будинок був щедро прикрашений вишивкою, розписами, його естетика свідчила про гармонійну узгодженість різноманітних видів декоративно-прикладного мистецтва [2].



Рис.1. Садиба-музей «Українська хата» (Нижня Озеряна)

<https://travels.in.ua/.object/4461/usadba-muzyey-ukrainskaya-khata>

Ця затишна оселя мала видовжену форму з чітким функціональним призначенням приміщень – хата, сіни, комора. Це трикамерна будова, вхід до якої розташований по середині довшої стіни в центральну камеру-сіни. Хата

підкреслювала смаки хазяїна та відображала унікальність та неповторність місця її розташування. Це був осередок добробуту, схованка затишку, щастя та безпеки, символ, що займав важливе місце в свідомості нашого народу [3].



Рис.2. Інтер'єр садиби-музею «Українська хата» (Нижня Озеряна)

<https://travels.in.ua/.object/4461/usadba-muzyey-ukrainskaya-khata>

Українська хата була аскетичним житлом, представником першого покоління енергозберігаючих будівель ще задовго до появи цієї термінології. І їй вже в ті часи були притаманні риси сучасних зарубіжних сільських будинків – мінімалізм в поєднанні з високим рівнем естетичності, багатофункціональні простори, енергоефективність, екологічність, інтеграція з природою. Подальший розвиток українського сільського будинку в радянські часи та період незалежності відбувався достатньо хаотично, виділити якісь яскраві характерні риси, притаманні саме цьому типу житла в даній місцевості, буде вже не так легко. Втрата індивідуальності безумовно спіткала цей тип будівель, але натомість прийшли певні позитивні зміни в області комфортності, зручності, безпеки, відповідності вимогам санітарно-гігієнічних та пожежних нормативів, можливості враховувати світовий досвід при створенні житла.

Розвиток сучасних технологій сприяє швидкому та економічному зведенню сільського будинку. Ми спостерігаємо зараз різноманітність методів будівництва – від звичних для нас класичних прийомів до зведення енергоефективних та зі швидким монтажем каркасних будівель, монолітних, блочних. При цьому застосування дерева, каменю, глини та інших екологічно чистих натуральних матеріалів не втрачає своєї популярності поруч з застосуванням індустріальних елементів з бетону та сталі, інноваційних матеріалів (hemcrete), що допомагає створити сучасну та затишну будівлю (рис.3). Скло та метал дають акцент на технологічність та функціональність, прості форми, чисті лінії, мінімум меблів та декору, лаконізм, світлі відтінки допомагають функціональності та практичності помешкання стати затишком, місцем спокою та комфорту [4]. Спостерігається інтеграція елементів природи в інтер'єр та екстер'єр в вигляді «зелених» покрівель та стін, зимових садів та оранжерей, веранд, терас, внутрішніх двориків та великих панорамних вікон, що дозволяють максимально використовувати природне освітлення та візуально

поєднувати внутрішній простір з оточуючим ландшафтом (рис.4,5).



Рис. 3. Меридіан, Айдахо. <https://www.tollbrothers.com/blog/24-modern-farmhouse-exterior-styles/>



Рис. 4. Спринг, Техас. <https://www.tollbrothers.com/blog/24-modern-farmhouse-exterior-styles/>



Рис. 5. Фолсом, Каліфорнія. <https://www.tollbrothers.com/blog/24-modern-farmhouse-exterior-styles/>

Популярною є концепція плавного переходу житлових зон в відкриті тераси та зони відпочинку на свіжому повітрі («indoor-outdoor flow»), а також проектування багатофункціональних приміщень з можливістю трансформації або виконання декількох функцій одночасно. Планування стає більш адаптивним, з відкритими кухнями, їдальнями та вітальнями та чіткими приватними зонами для роботи, розвитку та відпочинку [5].

Майбутній власник будівлі прагне отримати енергетично незалежне житло з мінімумом споживання енергії та при можливості з повною відмовою від зовнішніх джерел. І це змушує проектувальника продемонструвати знання в багатьох сферах – оптимізувати орієнтацію будівлі за сторонами світу для максимального використання сонячного тепла та світла, застосовувати сучасні ізоляційні матеріали та технології для мінімізації тепловитрат, системи вентиляції з рекуперацією тепла, системи збору дощової води для поливу та технічних потреб, альтернативні джерела енергії, інтегрувати інтелектуальні системи управління освітленням, опаленням, безпекою та іншими функціями для підвищення комфорту та економії ресурсів [6].

Висновок.

Сільський житловий фонд України потребує оновлення, яке сприятиме зростанню привабливості сільських територій. Комфортне та безпечне житло є одною з головних складових життєвих потреб людини, тому приділення уваги та коштів для покращення житлових умов у сільській місцевості є потужним стимулятором розвитку та забезпечення соціальної стабільності суспільства.

Зміни економічного та соціального характеру, інформаційна доступність, можливість аналізу та використання зарубіжного досвіду сьогодні мають величезний вплив на розвиток сільського будинку в нашій країні та формують умови та засади для створення в ньому високоякісних умов середовища життєдіяльності людини.

Список використаних джерел

1. Сумцов М.Ф., Слобожане: Історико-етнографічна розвідка. Х.: Акта, 2002.-282с.
2. Косміна Т.В. Народна архітектура давнього українського села або як облаштовували своє житло наші предки у різних регіонах. <https://vsviti.com.ua/ukraine/34304>
3. Українська хата: обрядовість та семантика. <https://etnoxata.com.ua/statti/traditsiji/ukrajinska-hata-obrjadovist-ta-semantika/>
4. 24 Trendy Contemporary Farmhouse Exterior Styles. <https://www.tollbrothers.com/blog/24-modern-farmhouse-exterior-styles/>
5. Степанюк А.В., Кюнцлі Р.В., Фамуляк Я.Є. Архітектурне планування будівель та споруд сільських поселень: навч. посіб. Львів: НВФ «Українські технології», 2015. – 296 с.
6. Шишкін Е.А., Гайко Ю.І. Інноваційні планувальні та конструктивні рішення сучасних будівель та споруд: конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2022. 40 с.

УДК 728.6:72:502.3

ГАРМОНІЯ АРХІТЕКТУРИ ТА ПРИРОДИ: ЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ В ДИЗАЙНІ ЖИТЛА ДЛЯ УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА

Тюрікова О. М., к.п.н., доцент, зав. каф.,
Бондар О. І., студентка, Лозінська Я. С., студентка

*Кафедра Дизайну архітектурного середовища
Одеська державна академія будівництва та архітектури*

У статті розглядаються методи створення екологічного житла в українських селах, зокрема енергоефективні рішення, використання природних матеріалів та біофільна інтеграція будівель у навколишнє середовище. Наведено приклади сталих та ресурсозберігаючих моделей сільської забудови.

Зміна клімату вимагає від суспільства переходу до сталого розвитку, і в цьому процесі архітектура відіграє центральну роль як провідний інструмент екологічної відповідальності. В Україні практично відсутні вдалі приклади реалізованих проєктів енергоефективних екологічних споруд та комплексів; енергоспоживання більшості збудованих об'єктів у 2–3 рази перевищує європейські показники, що робить дане дослідження вкрай актуальним [4]. Раніше проєктування сільського житла часто орієнтувалося на типові, економічно прості рішення, ігноруючи кліматичні, ландшафтні та біологічні особливості місцевості. Однак, з огляду на необхідність енергонезалежності, збереження ресурсів та підвищення якості життя, такий підхід є неприпустимим.

Метою цієї статті є аналіз та обґрунтування застосування екологічних підходів у дизайні житла для українського села, які забезпечують енергоефективність, економію ресурсів та глибоку інтеграцію будинку в природний ландшафт.

Екологічний дизайн житла, особливо в сільській місцевості, ґрунтується на низці фундаментальних принципів, які забезпечують його гармонію з навколишнім середовищем. Ключовим серед них є біофілія – концепція, яка вказує на природжену схильність людини до встановлення емоційного зв'язку з природою та всіма формами життя [1]. Це може виражатися у великих вікнах з краєвидами на природу, використанні природного освітлення, включенні внутрішніх двориків, зелених стін та дахів, які покращують естетику та виконують важливі екологічні функції – від фільтрації повітря до управління дощовою водою [3].

Окрім інтеграції природи, важливим є вибір матеріалів і енергоефективність: використовують локальні та відновлювальні ресурси (дерево, глину, соломку, камінь) з мінімальним вуглецевим слідом, а конструкції оптимізують для зменшення потреби в опаленні та охолодженні через теплоізоляцію, орієнтацію будинку, природне освітлення та вентиляцію.

Також екологічний дизайн передбачає адаптацію будинку до клімату та ландшафту. Будівля має бути вписана в ділянку з урахуванням рельєфу, переважаючих вітрів, мікроклімату та гідрології. Це включає захист від вітру за

допомогою насаджень, використання ландшафту для природного охолодження та опалення, а також впровадження систем збору та повторного використання дощової води. Крім того, в Україні необхідно посилювати впровадження еколого-економічних підходів до управління ризиками, зважаючи на сучасні виклики розвитку [2]. Такий комплексний підхід забезпечує самодостатність житла та його стійкість до кліматичних змін, перетворюючи його на інтегровану частину сільської екосистеми.

Теоретичні принципи екологічного дизайну знаходять своє практичне втілення у низці конкретних прикладів в Україні, що демонструють можливість створення гармонійного та стійкого сільського житла. Одним із показових прикладів є екопоселення «Зелені Кручі» (Київська область), де мешканці на базі існуючого села впроваджують екологічні технології та цінності. Тут будівництво з природних матеріалів, таких як глина та дерево, поєднується з активним застосуванням пермакультурного підходу до ландшафтного планування [5].

На відміну від традиційного монокультурного землеробства, у «Зелених Кручах» застосовують багатошарову екосистему, стійку до кліматичних змін і інтегровану з житловою забудовою. Пермакультура включає лісосади, теплі грядки та системи збору дощової води. Біоплато і природні водойми очищують стічні води та забезпечують полив, мінімізуючи вплив на гідрологію і відновлюючи біорізноманіття.

Найважливішим аспектом впровадження екологічних рішень є вплив на комфорт і здоров'я мешканців. Використання природних, нетоксичних будівельних матеріалів (глина, дерево) забезпечує кращу якість повітря в приміщенні та відсутність шкідливих токсичних випарів, що значно знижує ризик алергій та дихальних захворювань. Окрім фізичного здоров'я, біофільний дизайн та безпосередня інтеграція житла з природним ландшафтом (вид на сад, лісосад, водойму) позитивно впливають на психологічний стан, знижуючи рівень стресу та покращуючи загальне самопочуття, що є ключовим для сталого розвитку будь-якої сільської спільноти.

Таким чином, екологічний дизайн житла виступає ключовим напрямом, без якого неможливий сталий розвиток українських сільських територій. Дотримання принципів біофілії, енергоефективності, використання натуральних матеріалів та гармонійної взаємодії з ландшафтом дає змогу створювати будівлі, які в довгостроковій перспективі є економічно доцільними, безпечними для здоров'я людей і дружніми до довкілля.

Значення екологічного дизайну полягає у його здатності перетворити сільські поселення на самодостатні, стійкі та гармонійні системи. Приклади, як екопоселення «Зелені Кручі», демонструють реальність впровадження пермакультурних рішень та автономних інженерних систем в українських реаліях.

Перспективи розвитку «зеленої» архітектури в Україні залишаються надзвичайно сприятливими. Зростання інтересу до енергоощадних технологій та підвищення рівня екологічної свідомості населення в умовах постійних викликів стимулюють прогрес у цій сфері. Подальша державна підтримка та поширення

знань про локальні моделі сталого розвитку є вирішальними для того, щоб гармонійне поєднання архітектури й природи стало звичним явищем у проектуванні житла для українських сіл. Це забезпечить майбутнє, де сільські громади процвітатимуть, зберігаючи свою унікальну ідентичність і природні ресурси.

Список використаних джерел

1. Новосельчук Н., Шевченко Л. Біофільний дизайн у штучному середовищі як стратегія сталого розвитку архітектури // Design. – 2025. – Режим доступу: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/Design/article/view/20385> Дата звернення: 15.11.2025.
2. Кучер А., Кучер Л., Пащенко Ю. Еколого-економічні засади управління ризиками проєктів розвитку «зеленого» житлового будівництва в системі цінностей циркулярної економіки // Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences. – 2024. – Режим доступу: [ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОГО» ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА В СИСТЕМІ ЦІННОСТЕЙ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ | Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences](#) Дата звернення: 15.11.2025.
3. Гнатюк Л., Нестерук І. Зелені дахи в сучасному благоустрої міст // [Theory and practice of design. Issue 23.2021 Landscaping]. – 2021. – Режим доступу: [940986e5b6f60c191d9a9ba68b2f57d5d49c.pdf](#) Дата звернення: 15.11.2025.
4. Жовква О. Архітектурна екологія громадських будівель та споруд // [теорія та практика дизайну]. – 2024. – Режим доступу: [АРХІТЕКТУРНА ЕКОЛОГІЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД – DOAJ](#) Дата звернення: 16.11.2025.
5. Drevnytska A. Ukrainians create eco-settlements to revive villages // Rubryka. — 2023. — Режим доступу: [<https://rubryka.com/en/article/ekoposelennya-zeleni-kruchi/>]. — Дата звернення: 16.11.2025.

UDC 728.6:316:004.94

DETERMINATION OF THE FEATURES OF A RURAL RESIDENTIAL BUILDING USING THE METHOD OF ARTISTIC MODELING OF SOCIAL ROLES.

B. Prystupliuk – assistant at the department of architectural environment design

M. Honcharova – assistant at the department of architectural environment design

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

The problem of the research is to identify the types of consumers of residential development in areas located outside the city. Based on the establishment of a typology of a consumers, taking into account the features of his lifestyle, the specifics of design

goals and image tasks, to establish the requirements for residential development, its typology and composition.

The relevance of the work is that modern rural life has its own differences from traditional life. This is due, first of all, to the fact that residence and production activities do not necessarily have to be located nearby. Moreover, residents of cities who are not at all related to agricultural production can live in the countryside as well, and in remote settlements. Private ownership of land has led to the absence of a direct connection between labor and residence, land and those who use it; mechanization and automation of production contribute to the reduction of people involved in agricultural work; land is used not according to a rational factor, but in two different directions: either achieving maximum return from the plot and profitability of production, or ignoring the material component, which is also facilitated by imbalances in income levels. Consumers of different types make different demands on their places of residence. Table 1 contains an attempt to classify potential consumers of housing outside the city and identify their priorities and requirements according to lifestyle and self-identification.

Table 1. Typology of consumers of rural housing.

№	Consumer type	Social role	Priorities	Housing requirements
1	big boss	domination	a feature, something that others don't have	"CASTLE" demonstrativeness, isolation, not tied to the place of work, requires high-quality logistical connections
2	rentier	freeloader	to live comfortably	"VILLA" convenience, comfort, easy maintenance,
3	bohemian	show	advertising	"KINOFABRYKA" originality, reception of guests, active change of scenery, PR
4	lord	financier	Excess profit gain	"FACTORY or PLANTATION". production of profitable products without the need for residence, management, control
5	farmer	fenced-off life behind a fence	to have everything one has for life	"MANOR WITH A PANELS" subsistence farming, various forms of economic activity in quantities "for oneself"
6	cottager	temporary role change	switching from the main sphere of life to something else	"FAZENDA" a switch from urban to pseudo-rural life, a "week in nature". similar to a rural dwelling or villa, but a temporary immersion in another world.
7	mercenary	unskilled labor	to earn a living	"TRAILER" to live near the workplace. With a modern level of comfort, but without unnecessary requirements. Saving for a great goal
8	aboriginal	a fifth-generation local resident	traditions	"PARENT'S HOUSE" protection and preservation of family traditions, the desire to live like grandfathers and great-grandfathers, but at a modern level of comfort
9	i dreamer	beginner	demonstration, to prove the effectiveness of an idea or program	"NEW LIFE, SERMON". demonstrating by one's own example how to live.

In the course of studying the problem, we conclude that the social portrait of the consumer influences the composition of the project, the choice of architectural and planning solutions, and the artistic image of the building. These solutions have no direct connection with the lifestyle, whether it is urban or suburban housing development.

1. Yatsenko V. O. Urban development and its impact on the processes of functioning of adjacent territories. Urban planning and territorial planning: scientific and technical collection. Issue 59. Kyiv: KNUBA, 2016. P. 505-511

2. Holyk Y. M. Socio-spatial connections in the settlement system. Urban planning and territorial planning: scientific and technical collection. Issue 58. Kyiv: KNUBA, 2015. P. 125 - 130

УДК 728.6:316:004.94

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ПОЗАМІСЬКОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ХУДОЖНЬОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ РОЛЕЙ

Приступлюк Б.О. – асистент кафедри дизайну архітектурного середовища

Гончарова М.В. – асистент кафедри дизайну архітектурного середовища

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Проблема дослідження - виявлення типів споживачів житлової забудови територій, які знаходяться поза містом. На підставі встановлення типології споживача, урахування особливостей його образу життя, специфіки цілей проектування та іміджевих завдань, встановити вимоги до житлової забудови, її типологію та композицію.

Актуальність роботи в тому, що сучасне позаміське життя має свої відмінності від традиційного. Це пов'язане, насамперед, з тим, що проживання та виробнича діяльність не обов'язково повинні бути розташовані поряд. Більш того, мешканці міст, які зовсім не пов'язані з сільгоспвиробництвом, можуть проживати й на селі також, і у віддалені від населених пунктів. Приватна власність на землю призвела до відсутності прямого зв'язку праці та проживання, землі та тих, хто нею користується; механізація та автоматизація виробництва сприяють зменшенню осіб, які задіяні в сільгоспроботах; земля використовується не за раціональним фактором, а за двома різними напрямками: або досягнення максимальної віддачі від ділянки та прибутковості виробництва, або ігнорування матеріальної складової, цьому ж сприяють дисбаланси в рівнях доходів. Споживачі різних типів складають різні вимоги до місць свого проживання. Таблиця 1 вміщує спробу класифікації потенціальних споживачів житла поза містом та виявлення їх пріоритетів та вимог згідно з образом життя та самоідентифікацією.

Таблиця 1. Типологія споживачів позаміського житла.

№	Тип споживача	Соціальна роль	Пріоритети	Вимоги до житла
1	великий бос	влада	особливість, щось таке, чого немає в інших	«ЗАМОК» демонстративність, ізолюваність, не прив'язане до місця праці, вимагає якісних логістичних зв'язків
2	рантьє	трутень	проживати з комфортом	«ВІЛЛА» зручність, комфорт, легке обслуговування,
3	богема	шоу	реклама	«КІНОФАБРИКА» оригінальність, прийом гостей, активна зміна декорацій, піар
4	господар	капіталіст	Здобуток надприбутку	«ЗАВОД або ПЛАНТАЦІЯ». виробництво прибуткової продукції без необхідності проживання, менеджмент, контроль
5	хуторянин	відгороджене життя за парканом	мати все своє для життя	«САДИБА З КОМОРОЮ» натуральне господарство, різноманітні форми господарчої діяльності в кількості «для себе»
6	дачник	тимчасова зміна ролі	переключення з сфери основного життя на щось інше	«ФАЗЕНДА» переключення з міського на псевдо-сільське життя, «тиждень на природі». схоже на сільське житло або віллу, але тимчасове занурення в інший світ.
7	найманець	не кваліфікована робоча сила	заробляти на життя	«БУДКА, ВАГОНЧИК» жити поряд з місцем праці. З сучасним рівнем комфорту, але без зайвих вимог. Економія заради великої мети
8	корінний	місцевий мешканець в п'ятому поколінні	традиції	«БАТЬКІВСЬКИЙ ДІМ» охорона та збереження родинних традицій, прагнення жити так, як діди й прадіди, але на сучасному рівні комфорту
9	ідеаліст	початківець, теоретик	демонстрація, доказати дієвість ідеї чи програми	«НОВЕ ЖИТТЯ, ПРОПОВІДЬ». власним прикладом демонстрація того, як треба жити.

У ході опрацювання проблеми робимо висновок, що соціальний портрет споживача впливає на склад проєкту, вибір архітектурно-планувальних рішень, художнього образу будівлі. Ці рішення не мають прямого зв'язку з образом життя, будь то міська або позаміська житлова забудова.

1. Яценко В. О. Розвиток міст та його вплив на процеси функціонування прилеглих територій. Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. Вип. 59. Київ: КНУБА, 2016. С. 505-511

2. Голик Й. М. Соціально-просторові зв'язки в системі розселення. Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. Вип. 58. Київ : КНУБА, 2015. С. 125 - 130

УДК 72:728.6

ІНТЕГРАЦІЯ МІСЬКОГО САДІВНИЦТВА В ЛАНДШАФТНУ АРХІТЕКТУРУ НОВИХ ЖИТЛОВИХ РАЙОНІВ

Оржешко В.А., студент, Тюрікова О.М., к.п.н., доц.каф. ДАС

Архітектурно-художній інститут

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Ця робота аналізує феномен стихійного міського садівництва на прикладі нових житлових районів Одеси. Ми протиставляємо два типи самоорганізації мешканців: конфліктний, що провокує соціальну напругу, та гармонійний, що полягає в освоєнні покинутих штучних ландшафтів. На основі гармонійного типу, стаття пропонує архітектурну концепцію "істівних ландшафтів", інтегрованих у штучно створений рельєф, як шлях до соціальної гармонії та сталого розвитку.

Актуальність роботи в встановленні протиріч між централізованим ландшафтним дизайном та прагненням мешканців до самодіяльної творчості в цієї сфері; суспільною приналежністю прибудинкових територій та прагнення людини до приватного кластеру на землі; потребою забезпечення балансу інтересів мешканців з різними ціннісними орієнтаціями та максимально індивідуалізованим образом життя та пріоритетами власника; необхідністю забезпечення візуальної гармонії ландшафтних рішень та пристосування до актуальних потреб споживачів та їхніх тварин.

Розрив між стандартизованим благоустроєм та реальними потребами мешканців є гострою проблемою сучасної житлової забудови в Україні [1,5]. Ця проблема не є унікальною; по всьому світу зростає соціальний запит на «істівні міста» та міське садівництво, що відображає потребу мешканців у контакті з природою та локальній продовольчій безпеці. Забудовники в Україні, натомість, часто пропонують стерильне, хоча й естетичне середовище: громадські простори з жорстким зонуванням та клумбами-монокультурами [6]. Такий підхід, попри візуальну привабливість, повністю ігнорує потребу людини у безпосередній взаємодії з землею. Як наслідок, ми бачимо стихійну самоорганізацію мешканців, що намагаються самостійно облаштовувати спільні простори. Прикладами самоорганізації є організація приватних діляночок на прибудинкових територіях, вирощування овочевих культур та квітів без плану та системи; організація автономних входів в квартири, возведення огорож та парканів, щоб забезпечити зони відчуження; самодіяльні території для проведення дозвілля; дитячі та господарчі зони для окремих власників, які відокремлюють та розмежують мешканців за статусом, майновим положенням, особливістю характеру (налаштованість на агресію, співпрацю, індивідуалізм, комунікацію, само презентацію, експеримент, меркантильний інтерес, підвищення добробуту та ін..). Наукові джерела, які описують ці феномени, узагальнюють практичний досвід в царині умовного «міського садівництва», наводять приклади за певними напрямками самодіяльності, які увійшли в

легальну проекту практику, а саме: перші поверхи перебудовуються в індивідуальні кластери з власним входом в квартири, власними ділянками для індивідуального користування, стінами та іншими межами між цими ділянками, прибудовами та додатковими спорудами для парників, оранжерей, будівель для тварин та обладнання для дозвілля тощо. Виникають такі собі приватні садиби в системі багатоквартирної забудови. Інший приклад, той, що ілюструє принцип «де живу, там працюю», демонструє відхід від приватності та організацію суспільних представницьких зон всередині ділянки з обмеженим доступом, наприклад, входи до магазинів, кафе, перукарень та інших об'єктів, які виникли внаслідок зміни форми власності на житлове приміщення, зрощення житлової, офісної або та виробничої функції. В цьому випадку зникає така цінність сучасного житла, як обмеженість стороннього доступу до території проживання. Ландшафтний експеримент з овочевими культурами, включення міні-підприємницької діяльності в традиційний побут житлової території та ін..форми поєднання міського та сільського образу життя можуть сприяти виникненню нових форм, а може провокувати конфліктні ситуації.

Основою для даної роботи стало емпіричне польове дослідження, проведене на території житлового масиву «Сьоме небо» в Одесі протягом 2024-2025 рр. [1]. Метою було виявити та проаналізувати реальні практики стихійного міського садівництва в умовах сучасної щільної забудови.

Дослідження почалося з методу якісного польового спостереження, що дозволило зафіксувати та порівняти два фундаментально різні типи самоорганізації мешканців. Перший тип, «конфліктний», характеризується спробами приватизації спільних прибудинкових клумб. Це створює візуальний хаос, що дає відчуття двору хрущівки, та провокує побутові конфлікти, коли імпровізований город стає джерелом побутових суперечок, зокрема з власниками тварин [1]. Корінь проблеми тут полягає у спробі одноосібної приватизації спільного простору за відсутності будь-яких спільних правил. Такий підхід є прикладом «тактичного урбанізму», що веде до деградації громадського простору [2].

На противагу йому, було виявлено другий, «гармонійний» тип, організований місцевою корейською діаспорою на периферійних ділянках. Саме ця практика була виділена як пропозиція концепції міського садівництва. Подальший ландшафтний аналіз показав, що садівництво ведеться на штучних пагорбах, які, ймовірно, утворилися зі зсипаного забудовником ґрунту з котлованів.

На відміну від хаотичних клумб, ці городи мають високу естетичну та організаційну культуру. Вони невеликі, сильно зволожені, а вузькі рядочки рослин органічно вписані в ландшафт, чітко повторюючи контури схилів. Це яскравий приклад культурних традицій, зокрема, корейської, відомої своєю ефективною малоземельною агротехнікою, що адаптувалися до нового ландшафту.

Ця картина органічного освоєння штучного рельєфу створює образ гармонійного співіснування, де людська діяльність не руйнує, а збагачує

ландшафт. Це є прямим втіленням концепції «регенеративного агроурбанізму» [3]. Цей кейс демонструє перетворення відходів будівництва (грунт з котловану) на цінний ресурс. Замість того, щоб боротися зі стихійним садівництвом, архітектори мають очолити цей процес.

Концепція «проектованого тактичного урбанізму» для нових районів могла б вирішити цю проблему. Замість вивозити грунт з котлованів, його слід використовувати для створення штучного рельєфу – пологих пагорбів на громадських територіях. З економічної точки зору, це рішення перетворює відходи (вивезення ґрунту) на ресурс (створення ландшафту), що відповідає принципам циркулярної економіки. З архітектурної точки зору, це не просто «залишена» земля, а свідомо спроектований елемент благоустрою. Ці зони, змодельовані за принципом контурного землеробства, мають бути одразу запроектовані під громадські городи з підведеними комунікаціями (технічна вода для поливу) та зонами для компостування. Таке рішення не лише утилізує ґрунт, але й спрямовує потребу мешканців у садівництві в конструктивне русло, запобігаючи соціальним конфліктам.

Аналіз стихійного садівництва в Одесі [1] чітко показує два шляхи розвитку: конфліктний (приватизація спільного) та гармонійний (освоєння покинутого). Досвід «городів на пагорбах» доводить, що ландшафт, створений з відходів будівництва, може стати продуктивним ядром мікрогромади. Свідоме включення таких «їстівних ландшафтів» [4] до майстер-планів нових районів – це практичний крок, що дозволить уникнути соціальних конфліктів, підвищити якість життя та створити унікальну, гармонійну архітектуру українського передмістя. Таким чином, архітектор виступає не просто як дизайнер простору, але і як соціальний модератор, який, спираючись на спостереження за реальними потребами людей, створює умови для їх конструктивної реалізації.

Список використаних джерел

1. Потапова Н. В. Архітектурно-ландшафтна організація громадських просторів у структурі приморських міст (на прикладі м. Одеси) // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2022. Вип. 88. С. 102–109.
2. Теслюк І. О., Плотнікова О. В. Сучасні підходи до благоустрою та озеленення територій в контексті сталого розвитку // Вісник Державного біотехнологічного університету. Серія: Технічні науки, будівництво та архітектура. 2023. № 1 (2). С. 145–153.
3. Лайдон М., Гарсія А. Тактичний урбанізм: короткострокові дії для довгострокових змін / пер. з англ. Вашингтон : Айленд Прес, 2015. 256 с.
4. Франс Р. Л. Регенеративний агроурбанізм: досвід створення їстівних місць / пер. з англ. Бока Ратон : СіАрСі Прес, 2021. 366 с.
5. Горголевські М., Комісар Дж., Наср Дж. Морквяне місто: створення місць для міського сільського господарства / пер. з англ. Нью-Йорк : Моначеллі Прес, 2011. 288 с.

FACTORS INFLUENCING THE VISUAL IMAGE OF A MODERN RURAL SETTLEMENT

Hancheva O.V. Assistant, Khudiakova O.M. Assistant

(Odesa Academy of Civil Engineering and Architecture)

The research problem concerns the modern visual image of a rural settlement. Scientific and technological progress, along with the introduction of advanced technologies into all spheres of human activity, has transformed the way of life of rural inhabitants. Traditionally, working conditions in rural areas and the characteristics of the people engaged in agricultural activities were considered the most conservative; however, significant changes are now taking place there as well. The factors that influence the lives of people in rural areas and affect the visual characteristics of settlements constitute the subject of this research.

Relevance of the Study and Research Objective.

The relevance of this study lies in addressing the contradictions between humanity's environmental protection priorities and its ongoing transformation of the natural environment. Contemporary agriculture increasingly relies on next-generation technologies, while rural living conditions are becoming comparable to those of urban environments in terms of innovation and technological integration.

The visual characteristics of rural life reflect the current values and aspirations of its inhabitants, who are no longer positioned on the periphery of civilization but instead embody an innovative concept of modern existence. Today's world and human society are engaged in a continuous search for an optimal model of coexistence. There is an urgent need to respond to the challenges of our era — humanitarian, technological, ecological, national, and others. The imbalances and contradictions of the present, oscillations between extremes, and cautious incremental transformations all highlight a crisis of understanding in humanity's developmental trajectory — ranging from total urbanization to complete withdrawal from civilization, from the rise of vertical cities to the revival and cultivation of natural and historical forms of settlement.

The aim of the research is to identify and analyze the key factors influencing the formation of the visual image of the modern rural settlement and to determine the principles that contribute to creating an aesthetically balanced and distinctive rural environment.

Main Influencing Factors:

Socio-economic factors. An increase in living standards, population migration between urban and rural areas, and the development of private entrepreneurship and agritourism contribute to the emergence of new types of housing and public buildings. This leads to the renewal of the village's architectural appearance but sometimes results in the loss of local authenticity.

Technological factors. The implementation of energy-efficient solutions, new building materials, modern water and power supply systems, as well as the development of digital technologies, creates conditions for more comfortable living.

However, these advancements often alter traditional forms of construction and their visual perception.

Architectural and planning factors. The absence of a clear system for regulating development, the chaotic placement of private houses, and the combination of various architectural styles without regard to the rural context lead to the loss of visual integrity. At the same time, there are positive trends — the restoration of historical centers, the improvement of public spaces, and the development of infrastructure.

Ecological factors. The condition of the natural environment, terrain, greenery, water bodies, and even the character of local flora and fauna form the natural foundation of a village's visual image. Unauthorized construction, deforestation, or alteration of the landscape can significantly diminish the aesthetic perception of the area.

Cultural and aesthetic factors. Traditional vernacular architecture, ornamental motifs, and the use of local materials (wood, stone, clay) are important carriers of identity. Preserving these elements under modern conditions helps maintain historical continuity and the cultural uniqueness of the settlement. At the same time, the influence of mass culture and the commercialization of aesthetics often lead to the unification of rural architectural appearances.

According to observations, the visual image of the modern Ukrainian village is characterized by diversity, combining traditional and modern elements. There is a clear tendency toward the urbanization of rural spaces — both functionally and visually. At the same time, interest in local identity is growing, reflected in the revival of traditional forms and materials, the improvement of public areas, and the organization of streets and building facades.

Conclusion. The visual image of a modern rural settlement is shaped by a variety of interrelated factors — social, economic, technological, ecological, and cultural-aesthetic. Their interaction determines not only the external appearance of the village but also the nature of its development, the level of comfort, and the preservation of cultural heritage. A harmonious combination of new architectural solutions with traditional forms requires a systematic approach to rural planning, the development of visual standards, and the establishment of principles for landscape and environmental design.

The visual image of rural settlements may be formed both through the application of standard architectural solutions and through distinctive individual projects that stand out within a diverse environment — including industrial and utility buildings, elements of landscape design, and the surrounding natural scenery.

References:

1. Danyliuk, A. H. (2008). *Ancient Architecture of the Ukrainian Village: An Ethnographic Essay*. Kyiv: Tekhnika. 256 p. (Series "Folk Sources"). ISBN 978-966-575-063-5.
2. Posatskyi, B. S., Korol, Ye. I., & Koznarska, H. Ye. (2019). *The Architectural Image of the City: A Textbook*. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, National University "Lviv Polytechnic." 139 p. ISBN 978-966-941-322-2.

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИЗУАЛЬНИЙ ОБРАЗ СУЧАСНОГО ПОСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГО ТИПУ

Ганчева О.В., асистент, Худякова О.М. асистент,

(Одеська академія будівництва та архітектури)

Проблема дослідження – сучасний візуальний образ поселення сільського типу. Науково-технічний прогрес, впровадження високих технологій в усі сфери діяльності людини змінюють образ життя мешканців села. Найбільш консервативними вважалися умови праці на селі, характеристики контингенту людей, залучених до цієї діяльності, але й тут відбуваються істотні зміни. Фактори, які впливають на життя людей в сільській місцевості, на візуальні характеристики поселень, і є предметом цього дослідження.

Актуальність роботи в вирішенні протиріч між природоохоронними та природозмінюючими пріоритетами людства. Сучасне сільське господарство спирається на технології нового покоління, сільський побут наближається до міського за насиченістю інноваціями та технологіями. Візуальні особливості образу життя відбивають сучасні пріоритети мешканців, які не знаходяться десь на узбіччі цивілізації, а втілюють собою інноваційну концепцію життя. Сучасний світ та людське суспільство знаходиться в процесі пошуків оптимального способу існування. Існує необхідність забезпечення відповідей на виклики часу: гуманітарні, технологічні, екологічні, національні та ін.. Дисбаланси та протиріччя, кидання в крайнощі, боязкі покрокові зміни – ці особливості сьогодення відбивають кризу розуміння шляхів розвитку людства: від тотальної урбанізації до тотальної відмови від цивілізації, від вертикальних міст до відновлення та культивування природних та історичних форм існування.

Мета дослідження — виявити та проаналізувати основні фактори, що впливають на формування візуального образу сучасного поселення сільського типу, а також визначити принципи, які сприяють створенню естетично збалансованого та ідентифікованого сільського середовища.

Основні фактори впливу:

Соціально-економічні фактори. Підвищення рівня добробуту, міграція населення між містом і селом, розвиток приватного підприємництва та агротуризму сприяють появі нових типів житла і громадських будівель. Це призводить до оновлення архітектурного вигляду села, але іноді — до втрати локальної автентичності.

Технологічні фактори. Впровадження енергоефективних рішень, нових будівельних матеріалів, систем водо- та електропостачання, а також розвиток цифрових технологій створюють умови для більш комфортного життя, проте часто змінюють традиційні форми забудови та їх візуальне сприйняття.

Архітектурно-планувальні фактори. Відсутність чіткої системи регулювання забудови, хаотичне розташування приватних будинків, поєднання різних стилів без урахування контексту сільського середовища призводять до втрати цілісності візуального образу. Водночас спостерігаються позитивні

тенденції — відновлення історичних центрів, облаштування громадських просторів, розвиток інфраструктури.

Екологічні фактори. Стан природного середовища, рельєф, озеленення, водні об'єкти і навіть характер місцевої флори та фауни формують природну основу візуального образу села. Несанкціонована забудова, вирубка зелених насаджень чи зміна ландшафту можуть суттєво погіршити естетичне сприйняття території.

Культурно-естетичні фактори. Традиційна народна архітектура, орнаментальні мотиви, використання місцевих матеріалів (дерево, камінь, глина) є важливими носіями ідентичності. Збереження цих елементів у сучасних умовах дозволяє підтримувати історичну безперервність і культурну самобутність поселення. Водночас, вплив масової культури і комерціалізація естетики призводять до уніфікації вигляду сільських будівель.

За результатами спостережень візуальний образ сучасного українського села характеризується строкатістю, поєднанням традиційних і модерних елементів. Спостерігається тенденція до урбанізації сільського простору — як у функціональному, так і у візуальному аспектах. Водночас, зростає інтерес до локальної ідентичності, що проявляється у відновленні традиційних форм і матеріалів, облаштуванні громадських просторів, впорядкуванні вулиць і фасадів.

Висновок: Візуальний образ сучасного сільського поселення формується під впливом багатьох взаємопов'язаних факторів — соціальних, економічних, технологічних, екологічних та культурно-естетичних. Їх взаємодія визначає не лише зовнішній вигляд села, а й характер його розвитку, рівень комфорту та збереження культурної спадщини. Гармонійне поєднання нових архітектурних рішень із традиційними формами потребує системного підходу до планування сільських територій, розробки візуальних стандартів і принципів благоустрою. Візуальний образ поселень може формуватися як за рахунок типових архітектурних рішень, так і завдяки індивідуальним проектам, що вирізняються на тлі різноманітного оточення — виробничих і господарських будівель, елементів ландшафтного дизайну та природного середовища.

Список літератури:

1. Давня архітектура українського села: етнограф. нарис / А. Г. Данилюк. — Київ: Техніка, 2008. — 256 с.: іл. — (Серія "Народні джерела"). — ISBN 978-966-575-063-5.
2. Архітектурний образ міста: навч. посіб. / Б. С. Посацький, Є. І. Король, Г. Є. Кознарьська ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2019. - 139 с. : рис. - Бібліогр.: с. 139. - 220 прим. - ISBN 978-966-941-322-2

УДК 72:721:699.85

ВІД ШКОЛИ ДО ХАБУ ГРОМАДИ: ПРОСТОРОВО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ З УКРИТТЯМ

Хороян Н.П., канд. арх., доцент

Одеська державна академія будівництва та архітектури

В роботі пропонується модель сільського багатофункціонального центру, сформованого на базі наявних будівель — передусім школи або будинку культури з можливим приєднанням амбулаторії, — з інтегрованим укриттям та автономними інженерними підсистемами. Метою є підвищення стійкості й доступності базових послуг у межах пішої досяжності, а також забезпечення гнучкого використання простору в мирний час із швидким переходом до кризових режимів. Представлено логіку поетапної модернізації та систему індикаторів ефективності зі змогою оцінювати доступність, інтенсивність використання, енергетичну автономію, безпеку й соціальний ефект перетворень.

У більшості українських сіл соціальна інфраструктура — школи, будинки культури, амбулаторії — працює фрагментарно, має значний фізичний знос та обмежений режим експлуатації поза основним призначенням. Демографічні зміни, міграційні хвилі та безпекові виклики актуалізують потребу у просторових осередках, здатних поєднувати освітні, медичні й культурні функції та забезпечувати захист населення в надзвичайних ситуаціях. Переформатування існуючого фонду в хаби громади пропонує шлях до раціонального використання ресурсів, підвищення якості повсякденного життя і формування місця тяжіння для місцевих спільнот.

Мета дослідження полягає в розробленні просторово-функціональної моделі сільського багатофункціонального центру з інтегрованим укриттям для громад чисельністю від 500 до 3000 мешканців. Для досягнення цієї мети передбачається визначити типологію планувальних рішень для трьох масштабів — S, M і L — з урахуванням поширених сценаріїв існуючої забудови та ділянок площею від 0,7 до 2 гектарів; сформулювати послідовність трансформації від швидких інтервенцій до комплексної модернізації; окреслити інженерні та безпекові рішення, що забезпечують автономність систем водопостачання, енергозабезпечення, зв'язку та санітарії; а також запровадити систему індикаторів, яка дозволяє об'єктивно оцінювати доступність, інтенсивність використання, енергетику, безпеку та соціальні результати.

Методологія. Дослідження є прикладним і спирається на загальнонаукові методи. Спершу застосовано спостереження та вимірювання в межах оглядового аналізу типових сільських об'єктів і норм. Проведено аналіз існуючих типологій і вимог та синтез у концепт тріади «ядро—медичний блок—укриття» з публічним простором у якості модератора потоків. Через індукцію сформульовано загальні принципи з окремих кейсів, а завдяки дедукції ці принципи переведено на стадійність утручань за принципом S/M/L. Для оцінки критеріїв використано сценарне й просторово-функціональне моделювання:

радіуси доступності, час до укриття, гнучкість зали, частка спільного використання. Таким чином, запропонована методологія дозволяє отримати концептуальну верифікацію пропозиції.

Програмно-просторова модель. У запропонованій моделі ядром виступає реконструйована школа або будинок культури. Будівля отримує трансформовану залу з належними акустичними характеристиками, світлотехнікою та засобами проєкції, а також навчально-креативні кластери площею 60–90 м², що за допомогою мобільних перегородок мають змогу змінювати конфігурацію відповідно до потреб занять, репетицій, зустрічей громади чи курсів підвищення кваліфікації. Тут же розміщуються медіатека, творчі майстерні, простір коворкінгу і невеликий адміністративний модуль на кшталт фронт-офісу з надання адміністративних послуг.

Медичний блок пропонується проєктувати як добудову, або нове об'ємно-просторове рішення площею 150–250 м², що включає кабінети сімейного лікаря, базову діагностику, маніпуляційну та пункт телемедицини. Це дає змогу зменшити відстань до первинної медичної допомоги та впровадити профілактичні програми здоров'я у громаді.

Укриття інтегрується у структуру комплексу як вбудований підвальний рівень або окремий заглиблений блок площею 200–400 м²; у повсякденному режимі цей простір може використовуватися як спортивна або репетиційна зала, або склад обладнання (частково), а в разі небезпеки забезпечує захист з автономним водозабезпеченням, фільтрованою вентиляцією, санітарними вузлами, аварійним електроживленням і резервним каналом зв'язку щонайменше на 72 години.

Оточення об'єкту структурується як зовнішній громадський простір із навісами, малою сценою і місцями відпочинку, які доповнюються спортивними та ігровими зонами, велопарковками й мікрохабом попитової мобільності для організації зручної пересадки на шкільні та медичні маршрути, а також паркування декількох гостьових автомашин.

Інженерія та стійкість. Інженерна концепція базується на поєднанні енергоефективності й резервування. Теплодернізація огорожувальних конструкцій, рекуперація повітря, використання теплових насосів і встановлення фотоелектричних панелей або сонячних колекторів формують основу зниження експлуатаційних витрат. Акумуляційні системи мають розраховуватися на покриття критичних навантажень упродовж шести–восьми годин, що дозволить підтримувати безперервність ключових функцій під час перебоїв у мережі. Водний модуль включає збір дощової води для поливу та технічних потреб і елементи природо-орієнтованого регулювання мікроклімату, зокрема зелені дахи та тіньові навіси. Для інформаційної стійкості передбачається другий інтернет-канал, бажано супутниковий, локальна система оповіщення й базові протоколи кібергігієни, що мінімізують ризики відмови сервісів.

Доступність та універсальний дизайн. Усі простори та маршрути мають проєктуватися безбар'єрними. Головні входи обладнуються пандусами з ухилом не крутішим за 1:12, а внутрішні переходи позбавляються порогів, що

уможливлює безперешкодне переміщення людей з різними потребами. Тактильні напрямні, висококонтрастна навігація й індукційні системи для людей з порушенням слуху забезпечують орієнтування і комфорт. Санітарні вузли розміщуються у кожному функціональному блоці, а в залі передбачаються місця для маломобільних груп. Маршрути до укриття плануються так, щоб час переходу з будь-якої точки ядра не перевищував двох хвилин; також передбачаються дубльовані виходи та зрозумілі вказівники.

Управління, економіка та партнерства. Експлуатаційна модель ґрунтується на співуправлінні за участі органу місцевого самоврядування, закладів освіти й медицини, громадських організацій та місцевого бізнесу. Календар подій формується таким чином, щоб забезпечити багатоканальне використання простору впродовж тижня: у навчальний час — освітні активності, у вечірні години та вихідні — культура, зустрічі громади, курси й коворкінг. Економічна стійкість має досягатися через поєднання муніципального фінансування, донорських програм і механізмів державно-приватного партнерства, а також через доходи від оренди залів, проведення подій і співпраці з локальними виробниками, які отримують майданчик для коротких ланцюгів постачання.

Фазування реалізації. Реалізацію пропонується виконувати у три послідовні фази. На першому етапі, що триває до шести місяців, виконуються швидкі інтервенції: усунення небезпечних ділянок, базова тепломодернізація й оптимізація освітлення, організація укриття та впровадження зрозумілої навігації. На другому етапі, розрахованому на шість–вісімнадцять місяців, здійснюється добудова медичного блоку, трансформація залу і класів, благоустрій території та ключових маршрутів, а також налагодження резервного зв'язку. Третій етап має передбачати розгортання відновлюваних джерел енергії з системами накопичення, розвиток телемедицини та розширення культурних просторів із урахуванням реального попиту громади.

Система індикаторів ефективності. Оцінювання результативності подібних об'єктів відбувається за комплексом показників. Доступність вимірюється часткою мешканців, які проживають у радіусі десяти–п'ятнадцяти хвилин пішої чи велосипедної досяжності. Інтенсивність використання визначається сумарною кількістю годин поза навчальним часом та числом подій на місяць. Медичний компонент оцінюється за кількістю прийомів на тиждень, часткою профілактичних візитів і середнім часом очікування. Безпекові параметри включають час евакуації до укриття з найвіддаленішої точки комплексу та тривалість гарантованої автономної роботи основних систем цього кластеру. Енергетична ефективність відстежується через частку споживання, покриту власною генерацією, і скорочення витрат на тепло та електроенергію. Соціальний ефект оцінюється за відвідуваністю молоді й літніх людей та індексом задоволеності, що фіксується регулярними опитуваннями. Економічні показники включають доходи від оренд і подій та питомі витрати на утримання одного квадратного метра.

Висновок

Запропонований підхід дозволяє сформувати набір типових планувальних схем для громад із варіантами інтеграції укриття, створити каталог швидких рішень для модернізації існуючих шкіл і будинків культури та підготувати регламент співуправління і шаблон календаря подій. Окремим продуктом стане матриця індикаторів, призначена для відстеження ефективності впродовж щонайменше дванадцяти місяців після запуску, яка полегшить ухвалення рішень щодо подальших інвестицій і масштабування запропонованої практики.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-3:2018. Будинки і споруди. Заклади освіти (із Зміною № 1, 2022). — Київ: Мінрегіон, 2018 (оновл. 2022). — Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199639927805445716 (дата звернення: 14.11.2025).
2. Державні будівельні норми України. Захисні споруди цивільного захисту : ДБН В.2.2-5:2023. Зміна № 2: наказ Мінінфраструктури від 13.11.2024 № 1321; чинно з 01.04.2025. — Київ, 2024. — Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3225773063500990463 (дата звернення: 14.11.2025).
3. Schools as Community Hubs: Building ‘More than a School’ for Community Benefit / eds. B. Cleveland, S. Backhouse, P. Chandler, I. McShane, J. M. Clinton, C. Newton. — Singapore: Springer, 2023. — Open Access. — DOI: 10.1007/978-981-19-9972-7. — Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-9972-7> (дата звернення: 14.11.2025).
4. Gullslett, M. K.; Ronchi, E.; Lundberg, L.; Larbi, D.; Lind, K. F.; Tayefi, M.; Ngo, P. D.; Sy, T. R.; Adib, K.; Hamilton, C. Telehealth development in the WHO European Region: Results from a quantitative survey and insights from Norway // International Journal of Medical Informatics. — 2024. — Vol. 191. — Article 105558. — DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2024.105558. — Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39084085/> (дата звернення: 14.11.2025).
5. Chudzińska, A.; Achramowicz, R.; Kielb, P. Architecture Dedicated to Civil Protection as an Element of Sustainable Urban Development. The Searching for a ‘New Fallout Shelters Standard’ (NFSS) for European City Centres // Buildings. — 2025. — 15(21): 3989. — DOI: 10.3390/buildings15213989. — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2075-5309/15/21/3989> (дата звернення: 14.11.2025).
6. CEN-CENELEC. EN 17210:2021. Accessibility and usability of the built environment — Functional requirements. — Brussels, 2021. — Режим доступу: https://accessible-eu-centre.ec.europa.eu/content-corner/digital-library/en-172102021-accessibility-and-usability-built-environment-functional-requirements_en (дата звернення: 14.11.2025).

Секція 10

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК
АГРАРНОГО СЕКТОРА
ЕКОНОМІКИ**

УДК 338.436.33

СТАН ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗЕРНОВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Пересада М. О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

В роботі викладено сучасний стан зерновиробництва в Україні. Проаналізовано проблеми, тенденції розвитку зернового господарства в умовах нестабільності та геополітичних ризиків.

Виробництво рослинництва та вирощування зернових культур залишаються ключовими напрямками аграрного сектору України. Вони забезпечують національну продовольчу безпеку та формують основу експортного потенціалу країни. Незважаючи на виклики та нестабільність, з якими вона стикається, Україна продовжує залишатися одним із провідних світових експортерів сільськогосподарської продукції. Щоб залишатися конкурентоспроможними, фермери активно впроваджують інноваційні технології, адаптують логістичні ланцюги та шукають нові ринки збуту.

Осінь 2025 року демонструє змішані тенденції для врожаю пшениці та кукурудзи в Україні: стабільність у зернових за рахунок розширення посівів і добрих погодних умов, але ризики через нестабільність світових ринків і високі витрати на логістику. Основу сільськогосподарського виробництва України складають пшениця та кукурудза. Погодні умови в 2025 році були загалом сприятливими для формування якісного врожаю озимої пшениці. У більшості регіонів спостерігалася достатня кількість опадів навесні та на початку літа, що забезпечило хороший розвиток колосу (середня врожайність: 4,2–4,6 т/га). Лідери за якістю зерна Вінницька, Хмельницька, Полтавська області. Головна тенденція 2025 року – фермери переходять на високобілкові сорти для підвищення ціни на експорт. Певне зниження посівних площ у центральних регіонах компенсується зростанням ефективності використання добрив та сучасних систем захисту, що дозволяє утримати показники на рівні попередніх років. Сезон для кукурудзи видався більш мінливим. Через спеку у серпні частина південних областей втратила до 10–15% потенційного врожаю, однак загальний обсяг збирання по країні зріс. Це пов'язано з активним розширенням площ у північних та центральних регіонах. Середня врожайність – 6,8–7,5 т/га, прогнозований валовий збір близько 28–29 млн тонн. Позитивна динаміка заключається в тому, що більша частина господарств використовує гібриди з підвищеною стійкістю до посухи. Аналітики також відзначають зростання частки переробки кукурудзи всередині країни, що сприятиме внутрішньому ринку кормів і біоенергетики. Інші зернові культури включають ячмінь, жито, овес та просо. Хоча ці культури виробляються у значно менших обсягах, вони залишаються важливими для внутрішнього ринку та кормової бази, а також для експорту. Разом вони забезпечують стабільність зернового балансу країни та підтримують її експортний потенціал [1].

Прогноз врожаю пшениці та кукурудзи на осінь 2025 року для України –

помірно оптимістичний. Очікується, що сумарний збір зерна залишиться на рівні 60–62 млн тонн, що дозволить не лише забезпечити внутрішній ринок, а й зберегти експортні позиції на світовій арені. Головне завдання для аграріїв – підвищувати ефективність і знижувати витрати, зберігаючи якість продукції. Саме це стане запорукою стійкості українського агросектору в найближчі роки.

В умовах нестабільності політика уряду України у 2025 році зосереджена на підтримці сільськогосподарського сектору. Ключові заходи включають компенсацію логістичних витрат, субсидування страхування врожаю та сприяння експорту альтернативними маршрутами. Однак сектор стикається з кількома викликами, включаючи нестабільну податкову політику, обмежений доступ до фінансування та бюрократичні бар'єри. Ситуація в усьому світі ускладнюється жорсткою конкуренцією, геополітичною напруженістю та зміною торговельних потоків. Хоча Україна поступово відновлює свої позиції на світовому ринку, їй доводиться конкурувати з Бразилією, США, Росією та Аргентиною. Інтеграція в європейські логістичні ланцюги та розширення на азійські та африканські ринки залишаються ключовими цілями.

Зерновий ринок України перебуває на перехідному етапі: потужний виробничий потенціал, якість продукції та географічні переваги забезпечують міцну основу для подальшого розширення. Однак, щоб реалізувати цей потенціал та перейти до сектору зі стабільним доходом, необхідна модернізація інфраструктури, агротехнологічна трансформація та диверсифікація ринку. Тим не менш, виклики залишаються значними [2, с.217; 3, с.178]. Логістика наразі є головною точкою тиску для всієї зернової галузі. Хоча переміщення експорту з портів Чорного моря на дунайські маршрути допомогло уникнути колапсу, воно також значно збільшило транспортні витрати. Ціновий тиск також зберігається – українське зерно залишається на 10–15% дешевшим за свої світові аналоги, що підвищує конкурентоспроможність, але знижує прибутковість.

Висновок

Незважаючи на значні виклики, сільськогосподарський сектор України продовжує бути рушійною силою економіки країни, а значна частина експортних доходів надходить із зернового сектору. Українські фермери продемонстрували виняткову стійкість, не лише зберігши свої позиції на світовому ринку, але й частково переосмисливши модель розвитку сектору. Зараз акцент зміщується з кількісного зростання на якісну трансформацію, з акцентом на ефективності, технологіях, сталому розвитку та доданій вартості.

Список використаних джерел

1. European Business Association. BDO in Ukraine on Grain Market: How Ukraine Maintains Its Export Positions Despite the War. <https://eba.com.ua/en/bdo-v-ukrayini-pro-rynok-zernovyh-kultur-yak-ukrayina-utrymuje-eksportni-pozytsiyi-popry-vijnu/>
2. Антощенко В.В. Складові та напрямки управління продовольчою безпекою. *«Аграрні інновації»* № 18, 2023. С. 212-219.
3. Антощенко В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. *«Аграрні інновації»*. № 22. 2023. С. 175-179.

УДК 330.1:338

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ

**Покутний О.С., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський),
Антощенкова В.В. д.е.н., проф.**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито сутність технологічного розвитку аграрного сектору України, як ключового фактору конкурентоспроможності країни.

Аграрний сектор є стратегічно важливою складовою економіки будь-якої держави, оскільки забезпечує продовольчу безпеку, зайнятість населення та формує значну частину експортного потенціалу. У сучасних умовах глобалізації та цифрової трансформації конкурентоспроможність аграрного виробництва дедалі більше залежить від рівня його технологічного розвитку. Впровадження інноваційних технологій у сільське господарство дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити екологічне навантаження та забезпечити сталий розвиток галузі. Технологічний розвиток аграрного сектору – це процес модернізації виробництва на основі новітніх досягнень науки і техніки, спрямований на підвищення продуктивності, якості та конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції. Його головна мета – забезпечення продовольчої безпеки країни та сталого розвитку сільських територій [1, с.77]. В табл.1 представлено основні напрями технологічного розвитку аграрного сектору.

Таблиця 1. Основні напрями технологічного розвитку аграрного сектору

Напрямки	Характеристика
Цифровізація та Smart Farming	Цифрові технології, такі як системи GPS-навігації, супутниковий моніторинг, дрони та Інтернет речей, дозволяють аграріям оперативно отримувати дані про стан ґрунтів, посівів і техніки. Це підвищує точність планування та ефективність управління виробництвом.
Точне землеробство	Технології точного землеробства передбачають диференційоване внесення добрив і засобів захисту рослин відповідно до особливостей кожної ділянки поля. Це знижує витрати, підвищує врожайність і зменшує негативний вплив на довкілля.
Біотехнології та генетика	Сучасні біотехнологічні методи сприяють створенню високопродуктивних, стійких до хвороб та кліматичних змін сортів і порід. Біопрепарати, біодобрива та біопестициди допомагають зменшити використання хімічних речовин.
Механізація та роботизація	Використання роботизованих систем, автономних тракторів, комбайнів і доїльних роботів зменшує потребу у фізичній праці, підвищує точність виконання операцій та скорочує втрати продукції.
Енергоефективність і “зелена” енергетика	Впровадження біогазових установок, сонячних і вітрових електростанцій сприяє зменшенню енергозалежності господарств та переходу до екологічно чистого виробництва.

Завдяки впровадженню сучасних технологій відбувається автоматизація виробничих процесів, удосконалюються системи управління фермерськими господарствами, оптимізується використання природних і трудових ресурсів.

Технологічна модернізація сільського господарства забезпечує [2, с.177]: зростання продуктивності праці; підвищення врожайності; зниження собівартості виробництва; поліпшення якості продукції; скорочення впливу аграрного виробництва на довкілля. Попри значний потенціал, процес технологічного оновлення аграрного сектору стикається з низкою проблем, а саме: обмежений доступ до фінансування та інвестицій; недостатній розвиток цифрової інфраструктури в сільській місцевості; низький рівень підготовки кадрів у сфері сучасних технологій; потреба у вдосконаленні законодавчої бази для підтримки інновацій. Незважаючи на значні виклики, сільськогосподарський сектор України продовжує бути рушійною силою економіки країни, а значна частина експортних доходів надходить із зернового сектору [3, с.130]. Українські фермери продемонстрували виняткову стійкість, не лише зберігши свої позиції на світовому ринку, але й частково переосмисливши модель розвитку сектору. Зараз акцент зміщується з кількісного зростання на якісну трансформацію, з акцентом на ефективності, технологіях, сталому розвитку та доданій вартості.

Україна має значні передумови для розвитку сучасного аграрного виробництва: великі площі родючих земель, сприятливі кліматичні умови та потужний науковий потенціал. Активно розвивається ринок агротехнологічних стартапів, які впроваджують цифрові платформи управління, системи моніторингу посівів і аналітичні сервіси для фермерів. У найближчому майбутньому саме інноваційні, екологічні та цифрові рішення стануть ключовими чинниками зростання ефективності аграрного виробництва.

Висновок

Отже, технологічний розвиток аграрного сектору є запорукою підвищення його ефективності, екологічної безпечності та конкурентоспроможності. Інновації у сфері аграрного виробництва сприяють не лише збільшенню обсягів виробництва, а й покращенню якості життя сільського населення. Для повноцінного розвитку необхідна державна підтримка інновацій, розбудова цифрової інфраструктури, інвестиції в освіту та наукові дослідження. Впровадження новітніх технологій вимагатиме підтримки з боку держави, фінансування, а також навчання та підготовки фахівців. Саме технологічно модернізоване сільське господарство може стати рушійною силою економічного зростання України.

Список використаних джерел

1. Батюк Л.А., Антощенкова В.В. Інноваційно-технологічні чинники глобального економічного розвитку. *Науковий економічний журнал «Інтелект XXI»*, №1, Національний університет харчових технологій, ГО «Інститут проблем конкуренції», Видавничий дім «Гельветика», Київ, 2019. С.76-80.
2. Антощенкова В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. *Аграрні інновації*. Номер 22. 2023. С. 175-179.
3. Красовський Д.. Технологічна трансформація аграрного сектору України в умовах економічних та післявоєнних викликів. *Сталий розвиток економіки*, (3 (54), 128-135. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-54-19>

УДК 330.1:338

КЛЮЧОВІ ТРЕНДИ СВІТОВОГО AGROTECH-РИНКУ

Єна В.М., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі проаналізовано ключові тренди світового AgroTech-ринку. AgroTech – це не лише цифровізація, а й нові можливості для економічного зростання.

Технологічний розвиток аграрного сектора є одним із ключових чинників підвищення конкурентоспроможності та ефективності вітчизняного агробізнесу. Сучасне сільське господарство вже давно вийшло за межі традиційних методів виробництва, і нині активно інтегрує новітні технології, цифрові рішення та інноваційні підходи до управління виробничими процесами. В умовах глобальної конкуренції, зміни клімату та воєнних викликів технологічна модернізація аграрного виробництва стає необхідністю. Вона дозволяє зменшити витрати ресурсів, підвищити врожайність, покращити якість продукції та забезпечити стабільність виробництва навіть за складних економічних умов.

Одним із головних напрямів технологічного розвитку є цифровізація аграрного сектору. Сучасні фермерські господарства впроваджують системи точного землеробства, які базуються на використанні GPS-навігації, безпілотних літальних апаратів, датчиків вологості, автоматизованих систем моніторингу ґрунту та стану рослин. Завдяки цим технологіям можна точно визначати норми висіву, оптимізувати внесення добрив і пестицидів, зменшувати втрати врожаю та підвищувати продуктивність праці [1, с.165].

Активно розвивається напрям **AgroTech**, що об'єднує інформаційні технології, автоматизацію, штучний інтелект і робототехніку у сільському господарстві. Серед прикладів таких інновацій – автоматичні системи керування тракторами, дрони для обприскування полів, датчики рівня вологи та поживних речовин, програмні платформи управління фермою (наприклад, Cropio, FieldView, eFarmer). Такі рішення дозволяють аналізувати дані у реальному часі, прогнозувати результати та приймати управлінські рішення на основі аналітики.

Важливу роль у технологічному розвитку агросектору відіграє інноваційна діяльність підприємств. Вона включає впровадження енергоощадних технологій, модернізацію технічного парку, використання біотехнологій, селекційних досягнень і цифрових платформ для планування виробництва. За даними досліджень, інноваційно активні агропідприємства в середньому на 15-20 % підвищують ефективність використання ресурсів та зменшують собівартість продукції. Окрему увагу слід приділити питанню екологічної ефективності технологій. Сучасні технологічні рішення сприяють збереженню родючості ґрунтів, раціональному використанню водних ресурсів і зниженню впливу агровиробництва на довкілля. Це відповідає європейським стандартам сталого розвитку, що є важливим у процесі інтеграції України до ЄС. В табл.1 представлено ключові тренди світового.

Таблиця 1. Ключові тренди світового AgroTech-ринку

Тренди	Характеристика
Стале сільське господарство	Технології точного землеробства та створення ферм нового покоління, які зможуть функціонувати у містах, сприятимуть трансформації с.г. галузі у напрямі глибокої автоматизації і посилять її стійкість та екологічність.
Відновлювальне сільське господарство	Застосування методів, спрямованих на покращення стану ґрунтів, біорізноманіття та стійкості екосистеми, надаючи пріоритет відновленню земель, деградованих традиційним сільським господарством.
Цифрові двійники та генеративний ШІ.	Активне використання цифрових двійників та ШІ для ухвалення обґрунтованих рішень щодо посадки та управління врожаєм, оптимізації використання ресурсів і збільшення врожайності з меншим впливом на довкілля.
Аграрні біотехнології	Адаптація до викликів, пов'язаних із зміною клімату, зумовлює необхідність виведення стійких сортів сільськогосподарських культур, придатних для несприятливих кліматичних умов.
Сталі білки	Виробники рослинних білків зосереджені на вдосконаленні технологій виготовлення рослинного м'яса для забезпечення кращого смаку продукції, масштабування виробництва та охоплення більшої кількості споживачів.
Їжа як ліки	Посилення виробництва здорових продуктів харчування та харчових добавок, розроблених за допомогою новітніх технологій (персоналізована дієта).

В умовах воєнного стану технологічний розвиток аграрного сектору має ще одну стратегічну функцію – забезпечення продовольчої безпеки. Автоматизовані системи обліку, дистанційний моніторинг полів і роботизовані машини дозволяють продовжувати виробничі процеси навіть за обмежених людських ресурсів [2]. Водночас розвиток технологій стимулює відновлення зруйнованої інфраструктури, що є критично важливим для повоєнної відбудови економіки України. Державна підтримка інновацій, інвестицій у цифрові рішення та співпраця з ІТ-сектором є запорукою прискореного розвитку українського агробізнесу. Вже сьогодні реалізуються національні ініціативи, спрямовані на створення аграрних кластерів, впровадження «розумних ферм» і розвиток цифрових платформ управління земельними ресурсами.

Висновок

Підсумовуючи, можна зазначити, що технологічний розвиток аграрного сектора економіки є не просто напрямом модернізації, а основою стратегії майбутнього українського сільського господарства. Він поєднує інновації, ефективність, екологічність і стійкість, забезпечуючи конкурентні переваги нашої країни на світовому ринку. Саме впровадження сучасних технологій стане запорукою того, що аграрний сектор залишатиметься локомотивом національної економіки навіть у найскладніших умовах.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В. Організаційно-економічний механізм інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва*, Сер. Економічні науки. 2021. №2 Том. 1. С. 161-170
2. Костюк Р. В., Романов Р. О., Зінченко Г. К. Впровадження інноваційних технологій як шлях розвитку аграрного сектору України. *Академічні візії*, (31). 2024. <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1178>

УДК 336.7

ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГАЛУЗЕЙ УКРАЇНИ В ПОВОЄННИЙ ЧАС

Накраплений О.Г., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі проведено аналіз сучасного стану інвестиційного ринку та інвестиційного потенціалу галузей України в повоєнний час.

Військова агресія з боку РФ значно вплинула на економіку України. Це негативно відобразилося і на інвестиціях, адже додався ще й військовий ризик. Саме тому інвесторам доводиться шукати нові можливості. Одним з найпоширеніших напрямків інвестування є державні облігації. Облігації внутрішньої державної позики вважаються надійними, адже їх гарантує сама держава. Під час війни популярними є військові облігації. Їхня прибутковість може доходити до 18,5% річних.

Інвестування в будівництво було дуже поширеним до війни й приносило великий прибуток. Зараз попит на нерухомість спав через велику можливість її втратити внаслідок бойових дій. Проте після війни даний напрямок знову стане популярним, адже почнеться відбудова країни і зменшиться ризик втрати. Інвестування у землю постійно продовжує розвиватися. Це зумовлено тим, що її майже неможливо знищити. Особливо інвестування в землю розвивається на тих територіях, де не відбуваються активні бойові дії. До 24 лютого 2022 року серед українців було популярним інвестування в іноземні цінні папери. Незважаючи на війну, активно продовжує розвиватися інвестування у стартапи. Зокрема, популярним стало вкладати кошти в західні ринки.

Важливими для економіки України є залучення саме іноземних інвестицій. Під час війни стало важче залучати нових інвесторів. На даний момент в Україні є два основних негативних фактори, які перешкоджають залученню іноземних інвестицій. Першим фактором, який фіксується вже тривалий час, є відсутність захисту та гарантій іноземних інвестицій з боку держави. В Україні відсутні відповідні закони, які б регулювати діяльність іноземних інвесторів. Також недосконалі судова та банківська системи додають ризиковості інвестиціям. Процвітаюча корупція в країні теж відіграє велику роль. До того ж зараз з'явилися воєнні ризики, які поки ніяк не страхуються. Другим фактором є агресія з боку РФ, яка негативно впливає на всю економіку України. Активні бойові дії, вимушене переселення людей, пошкоджені інфраструктура та логістика, закриття повітряних кордонів та портів. Усе це впливає на проекти, адже може призвести до їх закриття чи замороження. Попри загрози залишаються й сприятливі фактори для залучення інвестицій. Не останнє місце у рейтингу займає оборонно-промисловий комплекс. Його інвестиційний потенціал складає 43 млрд доларів [2, с. 84]. Українська армія зазнає значних втрат під час оборони держави. У майбутньому вона потребуватиме відновлення й постійного вдосконалення. Інвестиції в ЗСУ – це інвестиції у мир і безпеку.

Також розвиток оборонно-промислового комплексу посилить експортний потенціал України. В табл.1 представлено пріоритетні галузі для інвестицій.

Таблиця 1. Пріоритетні галузі для інвестицій

Галузь	Характеристика
Енергетичний сектор	Відновлення та модернізація енергетичної інфраструктури, розвиток відновлюваних джерел енергії, а також підвищення енергоефективності.
Аграрний та продовольчий сектор	Незважаючи на скорочення інвестицій у 2020 році, галузь залишається важливою для економіки, з потенціалом для зростання у сферах виробництва, переробки та експорту.
Транспорт та логістика	Сектор демонструє стабільне зростання, оскільки він критично важливий для відновлення та підтримки торговельних зв'язків, як внутрішніх, так і міжнародних.
Критичні матеріали	Забезпечення сировинними ресурсами та переробка критичних матеріалів, що є ключовим для багатьох галузей промисловості.
Інформаційні технології (ІТ)	Розвиток цифрової інфраструктури, послуг та інновацій залишається перспективним напрямком, що сприятиме модернізації економіки.
Машинобудування	Модернізація виробничих потужностей та розвиток високотехнологічного машинобудування є важливим для створення нових робочих місць та підвищення експортного потенціалу.

Металургія та металообробка є однією з провідних галузей промисловості. Їх інвестиційний потенціал складає 26 млрд доларів. Навіть під час війни виробництво продовжується й закриває потребу на ринку. Інвестиції допоможуть розвивати виробництво та збільшити експорт. Одним з провідних секторів є енергетика. Інвестиційний потенціал цього сектора економіки складає 177 млрд доларів. Україна є великим майданчиком для розвитку «зеленої» енергетики. За підтримання іноземних інвесторів наше виробництво «зелених» електричних потужностей та «зеленого» водню зможе забезпечити не одну країну Європи. Щодо природних ресурсів, то їх інвестиційний потенціал складає 5,6 млрд доларів. В Україні знаходиться приблизно десята частина залізних руд світу. Також є поклади мінеральних ресурсів. На даний момент уже створено інвестиційний проєкт з видобутку літію та графіту.

Ще одним сектором для інвестування є агропромисловий комплекс. Його інвестиційний потенціал складає 34 млрд доларів. Україна вже є великим експортером пшениці в Європу. Проте наші чорноземи і клімат дозволяють вирощувати безліч інших культур. За належного підтримання можна збільшити вирощування й інших продуктів. Також в Україні розвиваються сільські господарства, які виготовляють продукцію тваринного походження й займаються садівництвом. Агропромисловість постійно розвивається, тому вкладені в неї кошти завжди принесуть прибуток [2, с.144].

Логістика та інфраструктура будуть активно розвиватися й відбудовуватися після війни. Їх інвестиційний потенціал складає 123 млрд доларів. Україна має вигідне географічне розташування. Через неї проходить торговельний шлях з Європи на схід. Також в Україні є кілька мереж логістики: автомобільні дороги, залізниця, річкові та орські порти, аеропорти. Це робить торговельні шляхи через Україну зручними й дає можливість підібрати

ідеальний маршрут товару, який перевозиться.

Ще одним сектором для інвестування є промислове виробництво. Його інвестиційний потенціал складає 16 млрд доларів. В Україні добре розвинена галузь машинобудування, виготовляється обладнання для різних галузей. На даний момент унаслідок російської агресії промислове виробництво зазнало великих втрат і потребує оновлення. Саме це призведе до залучення інвестицій.

Деревообробка та меблеве виробництво також є привабливими для інвесторів. Їх інвестиційний потенціал складає 5 млрд доларів. В Україні є всі ресурси для постійного розвитку даної галузі. Логістика країни надає всі можливості для експорту готової продукції в країни Європи. За достатнього фінансування Україна має всі можливості вийти на світовий ринок.

Однією з найстійкіших галузей для інвестування є фармація. Її інвестиційний потенціал дорівнює 19 млрд доларів. Дана галузь добре розвинена в Україні. Фармацевтичні компанії відповідають усім міжнародним вимогам та стандартам. За рахунок цього Україна зможе експортувати лікарські засоби за кордон. Найсучаснішою галуззю для вкладання грошей є інноваційні технології. Їх інвестиційна привабливість складає 11 млрд доларів. Україна зараз також на шляху до побудови цифрової держави. Активно проводиться діджиталізація. В Україні надзвичайно розвинена ІТ-сфера. Наші спеціалісти працюють у провідних компаніях світу. Все це призводить до того, що кошти, вкладені в інноваційні технології, завжди принесуть прибуток.

Висновок

Отже, інвестиційний потенціал України в повоєнний час зосереджений на енергетичному секторі, аграрній сфері, транспорті та логістиці, критичній інфраструктурі, ІТ, а також машинобудуванні. Ці галузі мають високий рівень інвестиційної привабливості, оскільки вони необхідні для відновлення країни, а також мають значний потенціал для зростання та модернізації. Ринок інвестування України попри свій потенціал має ряд перешкод на шляху до вдосконалення. У зв'язку з повномасштабним вторгненням РФ багато інвестиційних проєктів було заморожено або закрито. До негативних факторів впливу додалися ще військові ризики. Україна має високий потенціал для залучення інвесторів. Оборонно-промисловий комплекс, енергетика та багато інших секторів, дадуть змогу Україні вийти на новий рівень інвестування в повоєнний період.

Список використаних джерел

1. Хома І. Б., Воробій Х. Р. Інвестування в Україні під час війни та перспективи інвестиційних процесів у післявоєнний час / ГЕВ. Т. : ТНТУ, 2024. Том 86. № 1. С. 84–89.
2. Онегіна В.М., Антощенкова В.В. Основи глобальної продовольчої безпеки. «Духовність особистості: методологія, теорія і практика». Volume 1 2023. С.140-149. DOI: <https://doi.org/10.33216/2220-6310-2022-103-1-6-140-149>.
3. Капітальні інвестиції в Україні у 2024 році. <https://open4business.com.ua/kapitalni-investycziyi-v-ukrayini-u-2024-roczy-zrosly-na-35-do-5344-mlrd-grn/>

УДК 657:631.1

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Жадан Б.А., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито основні напрями диджиталізації в агропромисловому виробництві, що дозволить оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати, підвищити якість продукції та відкрити нові можливості для експорту.

Діджиталізація стала однією з ключових рушійних сил у сучасному агробізнесі, перетворюючи традиційні методи господарювання та відкриваючи нові шляхи для підвищення економічної ефективності. В умовах зростаючої конкуренції та необхідності забезпечення продовольчої безпеки, впровадження цифрових технологій є не просто трендом, а стратегічною необхідністю для українського агропромислового комплексу (АПК).

Діджиталізація передбачає застосування інноваційних технологій, які забезпечують автоматизацію, збір даних, аналітику та точне управління виробничими процесами. Серед основних інструментів цифрової трансформації в АПК виділяють: системи точного землеробства, супутниковий моніторинг, дрони, сенсори Internet of Things, роботизовану техніку, ERP-платформи та програмні комплекси для управління господарством. Упровадження таких систем забезпечує прозорість, контроль та гнучкість у прийнятті рішень [1].

Точне землеробство. Точне землеробство базується на диференційованому внесенні ресурсів відповідно до стану ґрунту та потреб рослин. Використання систем глобального позиціонування (GPS), геоінформаційних систем (GIS), сенсорів та інших технологій для збору даних про стан ґрунту, врожайність та кліматичні умови на конкретній ділянці поля. Це дозволяє диференційовано вносити добрива, засоби захисту рослин та регулювати полив, оптимізуючи використання ресурсів та мінімізуючи витрати.

Дистанційний моніторинг і аналітика. Встановлення різних датчиків (вологості ґрунту, температури повітря, освітлення тощо) на полях, у теплицях та на тваринницьких фермах для постійного моніторингу умов вирощування або утримання тварин. Зібрані дані передаються через інтернет для аналізу та прийняття рішень. Супутникові знімки, дрони та ґрунтові сенсори забезпечують оперативний контроль стану посівів, визначення рівня зволоженості, виявлення хвороб і шкідників. На основі цих даних фермери можуть швидко реагувати на загрози та оптимізувати технологічні процеси.

Автоматизація та роботизація техніки. Системи автопілотування, роботизовані комплекси для збирання врожаю та догляду за тваринами підвищують точність операцій, зменшують вплив людського фактору та дають можливість скоротити кількість ручної праці. Це особливо важливо в умовах дефіциту кваліфікованих кадрів у сільському господарстві. Впровадження автоматизованих систем управління поливом, годівлею тварин, мікрокліматом у

приміщеннях, а також використання робіт для виконання рутинних операцій, таких як прополка, збір врожаю або доїння [2, с.177].

Аналіз «великих даних» (Big Data) та штучний інтелект (ШІ). Збір та аналіз величезних масивів даних з різних джерел (сенсори, супутники, метеостанції) за допомогою ШІ дозволяє прогнозувати врожайність, оптимальні терміни посіву та збору, ризики захворювань та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Цифрові платформи та програмне забезпечення. Створення інтегрованих інформаційних систем та програмних продуктів (наприклад, xFarm, Field Manager), які об'єднують всі дані з різних джерел в єдину систему управління підприємством, забезпечуючи наскрізний контроль та прозорість бізнес-процесів.

Електронна комерція та цифрові ринки. Використання онлайн-платформ для продажу продукції, закупівлі ресурсів, що дозволяє аграріям ефективніше взаємодіяти з партнерами та споживачами. ERP-системи та інші цифрові платформи дають можливість комплексно контролювати виробництво, логістику, складські операції, витрати та фінансові показники. Це дозволяє оцінювати собівартість окремих культур і напрямів виробництва, своєчасно приймати рішення щодо оптимізації процесів.

Попри значні переваги, діджиталізація стикається з низкою бар'єрів: висока вартість обладнання та програмних рішень, недостатня цифрова грамотність персоналу, нерівномірне інтернет-покриття у сільських регіонах, а також питання кібербезпеки. Крім того, деяким підприємствам складно інтегрувати цифрові інструменти в усталені виробничі процеси.

Висновок

Отже, діджиталізація є ключовим чинником підвищення економічної ефективності агропромислового виробництва. Вона забезпечує оптимізацію витрат, підвищення продуктивності, покращення якості продукції та прозорість управління. Цифрові технології сприяють формуванню конкурентоспроможного і стійкого агробізнесу, здатного адаптуватися до сучасних викликів. Попри існуючі обмеження, тенденція до цифрової трансформації АПК є незворотною, і її подальший розвиток визначатиме ефективність аграрного сектору у майбутньому.

Список використаних джерел

1. Digital technologies adoption and economic benefits in agriculture: a mixed-methods approach / W. Geng et al. Sustainability. 2024. Vol. 16, no. 11. P. 4431. URL: <https://doi.org/10.3390/su16114431>
2. Антощенкова В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. *Аграрні інновації*. Номер 22. 2023. С. 175-179.

УДК 338.43:004

РОЛЬ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Заболотько А. В., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито роль діджиталізації в підвищенні економічної ефективності агропромислового виробництва.

Сільське господарство є вкрай важливою галуззю, оскільки зачіпає інтереси майже кожної людини. Україна з давніх часів славилась своїми родючими землями та працьовитими людьми. Нині аграрна галузь – це один з фундаментів економіки України та запорука добробуту багатьох її мешканців. Аграрна промисловість частково постраждала через повномасштабну війну, деякі підприємства втратили свої активи, але змогли впоратись з труднощами та продовжують розвиватися. Диджиталізація (цифровізація) в аграрному секторі України є невід’ємною складовою сучасного розвитку. Сучасний аграрний сектор України переживає період значних трансформацій, визначених впровадженням цифрових технологій та інновацій. Слід зауважити, що впровадження цифрових технологій в сільське господарство може принести великі переваги, включаючи покращення ефективності, збільшення врожайності та зниження витрат. Цифрові рішення дозволяють збирати та аналізувати дані, автоматизувати процеси, покращувати якість та безпеку продукції, а також розвивати електронну торгівлю. Можливості цифрової трансформації аграрного сектору включають в себе використання дронів та автономних систем для моніторингу полів, виявлення хвороб та шкідників, а також оптимізації використання ресурсів. Це дозволяє фермерам здійснювати точне землеробство, зменшувати втрати та максимізувати виробничий потенціал своїх господарств.

Вітчизняний аграрний ринок останніми роками суттєво просунувся за багатьма напрямками цифровізації. Основним нормативно-правовим актом, який впливає на ці зміни, є «Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року». Саме в ній визначено, що основним рушієм економічного зростання у найближчій перспективі має виступати аграрний сектор як такий, що має високий потенціал до модернізації, впровадження новітніх технологій [1].

Цифровізація діяльності підприємств аграрного сектору являє собою процес впровадження інновацій, який спрямований на вдосконалення чи оптимізацію виробничої або управлінської структури, чи на диверсифікацію основної діяльності. Під час проведення цифрової трансформації аграрних підприємств велике значення має наявність інноваційного потенціалу, а саме здатність підприємств до змін та прогресу. До основних видів цифрових технологій, які застосовують в агропромисловому комплексі України можна віднести наступні: інноваційні ферми (автоматизовані мініферми, ферми під водою, «розумні» ферми, плаваючі екоферми тощо); сучасні електронні картографічні системи (використання цифрових моделей рельєфу та цифрових

тематичних карт); логістичні рішення (цифрова платформа Navizor.com); системи моніторингу технопарку (GPS-трекінг, лог-бук); використання дронів (для аерофотозйомки та її аналізу, ґрунтової зйомки, охорони врожаю, хімічної обробки тощо); системи автоматизованої аналітики та планування (електронний агрохімічний паспорт поля, електронний обіг); використання мобільних додатків і смартфонів (для відстеження та контролю вантажу, машин, водіїв; комунікації між працівниками; контролю цілісності та опломбування вантажів тощо); системи управління й комунікації з персоналом, клієнтами й партнерами (спеціалізовані CRM та HRM системи); засоби моніторингу якості та здоров'я (автоматизовані системи управління стадом); ІТ у садівництві (цифрова система PantheonFarming допомагає в підвищенні ефективності, створенні сучасного «правдивого» метеопрогнозу, контролю за шкідниками, зокрема електронні пастки Trapview) [2].

В Україні є дві стратегічно важливі галузі з високим експортним потенціалом – агросектор і технології. Поєднання цих галузей дає потужний поштовх інвестиціям та економіці загалом. Економічна ефективність AgroTech-сектора в Україні у 2023 році становила +3% до ВВП, а за період 2018-2023 років у галузь було залучено \$1,3 млн інвестицій. Очікувалося, що з 2024 року ринок агроробототехніки в Україні зростатиме на 9,9% щороку, тоді як середній світовий показник становитиме 8,8%. Ці дані говорять про високий потенціал українського AgroTech та його перспективи стати одним із лідерів галузі.

«Агросем» як провідний український дистриб'ютор та інтегратор інноваційних рішень в AgriTech сприяє розвитку українського точного землеробства та загалом автоматизації сільськогосподарського виробництва. Компанія впроваджує інтелектуальні системи керування для сільськогосподарської техніки. Серед них – AutoTrac™ RowSense™, що забезпечує точну навігацію рядковими культурами навіть за часткової втрати сигналу GPS, та AutoTrac™ Vision, яка завдяки камерам виявляє малі пагони (заввишки 10-15 см) і дозволяє проводити прицільне обприскування. Ці рішення інтегруються як у техніку John Deere, так і в обладнання інших виробників – за допомогою спеціалізованих адаптерів та програмного забезпечення. «Агросем» також пропонує аграріям телематичні систем JDLink M\R modem для управління автопарком. Ці комплекси дозволяють моніторити та дистанційно налаштовувати сільськогосподарську техніку, скорочуючи простой та зменшуючи витрати на паливе. У сфері точного зрошення «Агросем» як партнер Lindsay впроваджує диференційний полив, що дозволяє подавати воду лише туди, де вона потрібна, і в оптимальній кількості. Ефект досягається завдяки встановленню датчиків вологості ґрунту, метеостанціям та використанню платформи FieldNET, що аналізує дані, надає рекомендації і дозволяє дистанційно керувати зрошувальними машинами. «Агросем» також робить доступними інші ключові агротехнології: від автономних метеостанцій iMETOS, які надають рекомендації щодо поливу, необхідності пестицидів та ідеального часу для польових робіт до зернового аналізатора GrainSense, що використовується для експрес-аналізу якості зерна безпосередньо в полі чи на елеваторі.

В результаті реалізації цифровізації в аграрній галузі можна зазначити наступні переваги: підвищиться врожайність сільськогосподарських культур; поліпшиться система планування польових робіт; знизяться витрати на виробництво продукції на основі ефективного використання ресурсів та науково обґрунтованих підходів [3, с.177]. Але для того, щоб досягнути високих показників інноваційної діяльності аграрних підприємств, необхідно забезпечити відповідні умови. Зростання інвестицій у цифрові технології можуть сприяти подальшому розвитку аграрного сектору України в майбутньому. Цифрова трансформація аграрного ринку неможлива без необхідних умов розвитку, пов'язаних із забезпеченням необхідними технологіями, методами управління та кадрами. На сьогоднішній день диджиталізація в сільському господарстві ускладнюється як недостатнім фінансовим забезпеченням інновацій, так і браком кваліфікованих кадрів. Крім того, доступ до новітніх технологій може бути обмеженим для деяких сільських господарств, особливо в менш розвинутих регіонах. Також потрібно забезпечити кібербезпеку для захисту цифрових систем від зловмисників та злочинців. На сьогодні головним чинником зниження запровадження цифровізації в АПК, як і у вітчизняну економіку, на превеликий жаль є війна. Обсяг капітальних інвестицій в Україні у 2024 році порівняно з 2023 роком зріс на 35,1% і становив 534,4 млрд грн, повідомила Державна служба статистики. Головним джерелом фінансування капітальних інвестицій в минулому році залишаються власні кошти підприємств та організацій, за рахунок яких освоєно 71% загального обсягу.

Висновок

Отже, розвиток цифрових технологій в аграрному секторі дасть можливість українським товаровиробникам посісти провідне місце на світових ринках продукції аграрного виробництва. Не зважаючи на те, що війна РФ проти України нанесла величезних збитків аграрній галузі, але ми переможемо та все відбудуємо. Адже, навіть незважаючи на війну, аграрні підприємства перезапускаються після релокації в безпечних регіонах, інвестують у розширення потужностей та нарощують виробництво. Тому серед пріоритетних завдань відбудови українського аграрного сектору є відновлення логістичної інфраструктури, впровадження нових ІТ-технологій, розвиток агропереробної галузі, органічного сільського господарства, та зміцнення позиції на міжнародному ринку аграрних товарів.

Список використаних джерел

1. КМУ Урядовий портал. Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-rozvitku-sferiinnovacijnoyi-diyalnosti-na-period-do-2030-roku>
2. Аграрний бізнес у цифрову епоху – українські реалії. URL: <https://nachasi.com/creative/2018/10/02/it-zemlerobstvo>
3. Антощенкова В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. Аграрні інновації. № 22. 2023. С. 175-179.

УДК 339.9

СТАН ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УКРАЇНИ

Анашкін С.О., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі досліджено стан зовнішньоекономічної діяльності України. Проаналізовано основні стратегії розширення ринків збуту.

Зовнішньоекономічна діяльність (ЗЕД) є ключовим елементом розвитку підприємств у сучасному глобалізованому світі. Вона дозволяє підприємствам не лише отримувати прибуток від міжнародної торгівлі, а й підвищувати конкурентоспроможність, впроваджувати інновації та забезпечувати стійкість бізнесу. Ефективна ЗЕД вимагає від підприємства аналізу ринків, стратегічного планування та врахування численних економічних, політичних і культурних факторів [1]. Україна у 2024 році продемонструвала зростання зовнішньої торгівлі, однак залишаються проблеми, які обмежують її можливості на міжнародних ринках. Відсутність достатньої кількості підприємств із глибокою переробкою, складна логістика, а також вплив глобальних економічних процесів створюють серйозні виклики для українського бізнесу. Основні стратегії розширення ринків збуту представлені в табл.1.

Таблиця 1. Основні стратегії розширення ринків збуту

Стратегії	Характеристика
Експорт	Експорт є найпоширенішою формою виходу на міжнародний ринок. Він може бути прямим (безпосередньо до споживачів) або непрямим (через посередників). Переваги: мінімальні інвестиції та швидка адаптація. Недоліки: залежність від посередників та митних бар'єрів.
Ліцензування та франчайзинг	Підприємство надає право використовувати свою технологію, торгову марку або бренд іноземним партнерам. Це дозволяє швидко вийти на ринок без великих капіталовкладень, але контроль якості обмежений.
Створення спільних підприємств	Об'єднання ресурсів з іноземним партнером забезпечує доступ до місцевих ринків та знань. Переваги: поділ ризиків, локальна підтримка. Недоліки: можливі конфлікти та необхідність узгодження рішень.
Прямі іноземні інвестиції	Створення власних філій або виробництв за кордоном дозволяє повністю контролювати процеси та адаптувати продукцію під потреби місцевого ринку. Недоліки: високі капітальні витрати та значні ризики.
Диверсифікація та адаптація продукції	Адаптація продукції під локальні потреби споживачів, зміни дизайну, пакування або функціоналу дозволяє охоплювати ширший ринок та знижувати залежність від одного сегмента.

Загальний обсяг зовнішньої торгівлі України у 2024 році [2], за даними експертів, сягнув 113 млрд доларів США, що на 13% більше, ніж у 2023 році. Експорт становив – 41 млрд доларів (+15%), імпорт – 70 млрд доларів, негативне сальдо торговельного балансу – 29 млрд доларів. Попри зростання обсягів експорту, головною проблемою залишається значний дефіцит торговельного балансу. Це свідчить про залежність економіки від імпорту, що створює додатковий тиск на курс гривні та вимагає пошуку нових рішень для

нарощування експорту продукції з високою доданою вартістю. ЗЕД охоплює широкий спектр операцій підприємств з іноземними партнерами: експорт і імпорт товарів та послуг, міжнародні інвестиції, ліцензування, франчайзинг, спільні підприємства та технологічне співробітництво.

Найбільшу частку експорту становлять продовольчі товари – близько 25 млрд доларів. Також серед основних товарів метали (близько 5 млрд доларів) та обладнання (4 млрд доларів). У 2024 році найбільшими категоріями імпорту стали машини та обладнання (25 млрд доларів), хімічна продукція (11,7 млрд доларів) та енергоносії (8,9 млрд доларів). До найбільших торговельних партнерів України за обсягом експорту у 2024 році відносять: Польщу (4,7 млрд доларів), Іспанію (2,9 млрд доларів), Німеччину (2,8 млрд доларів), Китай (2,3 млрд доларів), Туреччину (2,1 млрд доларів), Нідерланди (1,98 млрд доларів), Італія (1,93 млрд доларів), Єгипет (1,6 млрд доларів), Індія (986 млн доларів), Молдова (935 млн доларів). У 2024 році Іспанія несподівано опинилася на другому місці серед імпортерів української продукції. Частково це пов'язано з великим попитом на українські продукти у зв'язку з міграцією українців. Проте варто враховувати, що значна частина цього експорту – це реекспорт через європейські країни. В переліку найбільших імпортерів України лідирує Китай (14,4 млрд доларів), Польща (7 млрд доларів), Німеччина (5,4 млрд доларів), Туреччина (4,72 млрд доларів), США (2,86 млрд доларів), Італія (2,27 млрд доларів), Болгарія (2,22 млрд доларів), Індія (1,88 млрд доларів), Чехія (1,78 млрд доларів), Франція (1,75 млрд доларів). До факторів успішності виходу на зовнішні ринки відносять: конкурентоспроможність продукції; правове та податкове середовище; логістика та транспортна інфраструктура; маркетингова стратегія та брендинг; кадровий потенціал та досвід управління міжнародною торгівлею; соціальні та культурні особливості цільового ринку.

Висновок

Отже, зовнішньоекономічна діяльність є ключовим інструментом розвитку підприємства на міжнародному рівні. Вона дозволяє зміцнити конкурентні позиції, забезпечити доступ до нових ринків, підвищити ефективність виробництва та впроваджувати інновації. Грамотно обрана стратегія розширення ринків збуту забезпечує стійкість підприємства та його успішну інтеграцію в світову економіку. Необхідно диверсифікувати ринки через балансування між експортом до ЄС і одночасним освоєнням ринків Близького Сходу, Азії та Африки. Також надзвичайно важливо розвивати переробку шляхом зменшення експорту сировини та розширення продажів продукції з високою доданою вартістю. Варто підвищувати конкурентоспроможність через адаптацію стратегій та виробництва під вимоги іноземних ринків.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В., Семперович І. Основи глобального продовольчого забезпечення. *Економіка та суспільство*, (59). 2024. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-26>

2. Національний інститут стратегічних досліджень. Зовнішня торгівля України товарами: підсумки 2024 року. <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/mizhnarodni-vidnosyny/zovnishnya-torhivlya-ukrayiny-tovaramy-pidsumky-2024-roku>

УДК: 332.146:330.322

СУТНІСТЬ ТА СКЛАДОВІ ДЕРЖАВНОЇ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ

Бездітко Р.О., здобувачка рівня вищої освіти другий (магістерський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі обґрунтовано сутність та ключові напрямки державної інвестиційної політики, як сукупність правових, адміністративних, організаційних та економічних заходів і важелів держави.

Інвестиційна політика є складовою економічною політики та важливим важелем впливу на підприємницьку діяльність. Слід розрізняти інвестиційну політику держави, регіональну та галузеву інвестиційну політику, інвестиційну політику підприємства. Всі вони взаємопов'язані, але визначальною є державна інвестиційна політика, оскільки вона створює цивілізовані «правила гри» в інвестиційній сфері та сприяє активізації інвестиційної діяльності на регіональному, галузевому та мікрорівні. Інвестиційна політика держави – комплекс цілеспрямованих заходів, що проводяться державою, щодо створення сприятливих умов для всіх суб'єктів господарювання з метою підвищення інвестиційної активності, підйому економіки, підвищення ефективності виробництва та вирішення соціальних проблем. Механізм реалізації інвестиційної політики держави включає: вибір надійних джерел та методів фінансування інвестицій; визначення термінів та органів, відповідальних за реалізацію інвестиційної політики; створення нормативно-правової бази для функціонування ринку інвестицій; створення умов для залучення інвестицій. Головним завданням державної інвестиційної політики є формування сприятливого середовища, що сприяє залученню та підвищенню ефективності використання інвестиційних ресурсів у розвитку економіки та соціального середовища.

Інвестиційна політика має бути орієнтована на: визначення доцільних для кожного періоду часу обсягів інвестицій та їх структури: галузевий, відтворювальний, технологічний, територіальний та форм власності; вибір пріоритетів; підвищення ефективності інвестицій [1, с.87].

Мета інвестиційної політики держави полягає у: забезпеченні структурної перебудови економіки; стимулювання підприємництва та приватних інвестицій; створення додаткових робочих місць; залучення інвестиційних ресурсів з різних джерел, включаючи іноземні інвестиції; стимулювання створення недержавних структур, для акумулювання грошових заощаджень населення на інвестиційні цілі; створення правових умов та гарантій для розвитку іпотечного кредитування; розвитку лізингу в інвестиційній діяльності; підтримці малого та середнього підприємництва; вдосконалення системи пільг та санкцій при здійсненні інвестиційного процесу; створення умов для становлення та розвитку венчурного

інвестування.

Держава регулює інвестиційну активність через законодавства, через державне планування, програмування, через державні інвестиції, субсидії, пільги, кредитування, здійснення соціальних та економічних програм. Для державного регулювання особливо важливо знайти оптимальне поєднання ринкової свободи та державного регулювання.

Інвестиційна політика повоєнного відновлення України передбачає створення сприятливого інвестиційного клімату, залучення як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій для стимулювання економічного зростання, модернізації інфраструктури та соціального розвитку. Це включає підтримку підприємництва, створення прозорих правил для інвесторів, залучення новітніх технологій та формування довіри між державою та бізнесом [2].

Інвестиційна політика повоєнного відновлення України 2025 року фокусується на створенні сприятливого інвестиційного середовища, підтримці зеленої та цифрової трансформації, розвитку відновлюваної енергетики, а також залученні інвестицій у відновлення інфраструктури та створення локальних виробничих потужностей. Це включає підвищення інституційної спроможності, адаптацію до геополітичних викликів, роль банківського сектору, механізми страхування ризиків та підтримку оборонних і «dual-use» ініціатив. Ключові напрямки інвестиційної політики представлені в табл.1.

Таблиця 1. Ключові напрямки інвестиційної політики

Складові	Сутність
Створення сприятливого інвест. середовища	адаптація до нових геополітичних викликів, підвищення інституційної спроможності та створення ефективних механізмів страхування інвестиційних ризиків.
Зелений та цифровий перехід	запровадження інструментів подвійного переходу (зеленого та цифрового) для забезпечення довгострокового сталого зростання та підвищення ресурсної ефективності.
Відновлення та розвиток інфраструктури	створення локальних виробничих потужностей для забезпечення потреб відбудови, трансформація архітектурної політики як інструменту сталого розвитку територій.
Підтримка ключових секторів	розвиток відновлюваної енергетики та підтримка оборонних і «dual-use» ініціатив.
Роль фінансового сектору	посилення ролі банківського сектору у фінансуванні інвестиційних проєктів.
Підтримка громад	формування економічного потенціалу громад через підвищення ресурсної ефективності, зменшення екологічного навантаження та активізацію локального економічного потенціалу.

У 2025 році інвестиційний клімат в Україні продовжує залишатися вкрай динамічним, з елементами як позитивного зростання, так і серйозних ризиків. Попри війну й нестабільність більшість інвесторів демонструють обережний оптимізм, а державна політика зосереджена на відновленні, підтримці інвестицій та стимулюванні внутрішніх капіталів. За даними за перший квартал 2025 року, в Україні освоєно понад 123,8 млрд гривень капітальних інвестицій, що означає зростання в порівнянні з аналогічним періодом попереднього року (приріст приблизно 32,5 %). У першій половині 2025 року темп росту капітальних

інвестицій трохи сповільнився – близько 30,6 % проти аналогічного періоду 2024-го. Загальний обсяг освоєних капінвестицій склав понад 280 млрд гривень.

Щодо прямих іноземних інвестицій: у I кварталі 2025 року до України надійшло приблизно 669 млн доларів прямих інвестицій (ПІІ), з них експорт капіталу з країни теж показав активність. За підсумками року очікується, що сума припливу ПІІ може перевищити 1,25 млрд доларів.

У секторі фінансування капітальних інвестицій переважають власні кошти підприємств – майже три чверті (понад 70 %) усіх капіталовкладень у першому півріччі покривалися власним капіталом. Державний бюджет та місцеві бюджети відіграють меншу роль. Ці дані показують, що учасники ринку вже адаптувалися до нових умов: внутрішній капітал, інвестиції в модернізацію, відновлення пошкодженої інфраструктури – все це стає критично важливим.

У 2025 році зберігаються тренди інвестування у ті галузі, які мають потенціал для зростання навіть у складних обставинах:

Агро та агропереробка – очікується збільшення інвестицій у сучасні технології, логістику, створення доданої вартості. Деякі проекти прагнуть залучати інституційні інвестиції.

ІТ та цифрові послуги – залишається одним із найбільш привабливих напрямів для іноземних та внутрішніх інвестицій через низькі бар'єри входу і можливість глобального ринку.

Інфраструктура, транспорт, логістика – особливо в контексті відновлення та реконструкції пошкоджених об'єктів.

Машинобудування, енергетика, «зелена» енергетика – перспективні області, в яких інвестори вже сьогодні присутні.

Приплив іноземного капіталу на початку 2025 року був суттєво меншим, ніж у попередні періоди, що говорить про те, що іноземці стають більш вибірковими. Часті коригування політики, регуляторна невизначеність, питання захисту права власності – все це стримує капітал від великих активних кроків.

Висновок

Сутність та складові державної інвестиційної політики є фундаментальними для забезпечення сталого економічного розвитку. Ефективна інвестиційна політика не лише стимулює внутрішнє та зовнішнє інвестування, але й формує середовище для стабільного розвитку, економічного зростання та обороноздатності. Успіх реалізації інвестиційної політики залежить від комплексного підходу, врахування інтересів усіх учасників та адаптації до змін у глобальному економічному середовищі. У 2025 році інвестиційна активність, ймовірно, залишатиметься помірно зростаючою з поступовим розвитком. Держава може стимулювати великими інвестиційними програмами з міжнародною підтримкою, проектами відновлення, законодавчими змінами та партнерствами з приватним сектором.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В. Конкурентоспроможність, як основа ефективної національної економіки. *Вісник Харківського національного технічного*

університету сільського господарства: Економічні науки. Харків: ХНТУСГ, 2019. Вип. 200. С. 84-95с.

2. Розумович Н., Куцеля Р. Характеристика сутності та складових державної інвестиційної політики. *Економіка та суспільство*, (73). 2025. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-48>.

УДК 330.117:338.43

ТРАНСФОРМАЦІЙНИЙ ВПЛИВ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ НА АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС

Бондар О.І., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито основні напрями діджиталізації в агропромисловому виробництві, що дозволить оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати, підвищити якість продукції та відкрити нові можливості для експорту.

Агропромислове виробництво є фундаментом продовольчої безпеки та економічного добробуту будь-якої країни. Однак воно стикається з численними викликами: зміна клімату, виснаження ресурсів, зростання населення та необхідність підвищення конкурентоспроможності [1, с.175]. У цьому контексті, діджиталізація перетворюється не просто на модний тренд, а на критично важливий інструмент для подолання цих викликів та досягнення якісно нового рівня економічної ефективності.

Діджиталізація в АПК – це інтеграція сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у всі ланки виробництва, від поля до споживача [2]. Вона дозволяє збирати, аналізувати та використовувати величезні обсяги даних для прийняття обґрунтованих рішень, оптимізації процесів та мінімізації ризиків. Розглянемо ключові напрямки, де діджиталізація відіграє вирішальну роль у підвищенні економічної ефективності [3] (табл.1)

Економічна ефективність точного землеробства (Precision Farming) полягає в наступному:

Оптимізація ресурсів: завдяки точним даним про стан ґрунту та потреби рослин, фермери можуть застосовувати добрива, пестициди та воду лише там, де це необхідно, і в потрібних обсягах. Це призводить до значної економії дорожніх ресурсів (до 20-30% на добривах).

Збільшення врожайності: оптимальні умови для кожної ділянки поля дозволяють досягти максимального потенціалу врожайності, що прямо впливає на дохід.

Зменшення впливу на довкілля: скорочення використання хімікатів та води сприяє сталому розвитку та відповідає сучасним екологічним стандартам, що може відкривати нові ринки.

Економічна ефективність Інтернет речей (IoT) та сенсорних технологій полягає в наступному:

Оперативний контроль: моніторинг техніки дозволяє планувати технічне обслуговування, запобігати поломкам, оптимізувати використання пального.

Тваринництво: датчики на тваринах відстежують їхнє здоров'я, рух, цикли розмноження, що дозволяє вчасно виявляти хвороби, оптимізувати годівлю та підвищувати продуктивність стада. Це зменшує втрати від хвороб та покращує відтворення.

Сховища та логістика: IoT-датчики контролюють температуру та вологість у зерносховищах, овочесховищах, що запобігає псуванню продукції та мінімізує втрати.

Таблиця 1. Ключові напрямки диджиталізації

Напрямки	Суть
Точне землеробство (Precision Farming)	Це комплексний підхід, який передбачає диференційоване управління полями відповідно до їхніх потреб. Використовуються GPS-навігація, датчики ґрунту, погодних умов, дрони та супутникові знімки.
Інтернет речей (IoT) та сенсорні технології	Мережа взаємопов'язаних фізичних пристроїв (датчиків), які збирають та передають дані в реальному часі. Це можуть бути датчики вологості ґрунту, температури повітря, стану техніки, моніторингу тварин.
Аналіз великих даних (Big Data) та штучний інтелект (AI)	Збір, обробка та аналіз величезних обсягів даних з різних джерел (датчики, супутники, метеостанції, ринкові дані) для виявлення закономірностей, прогнозування та автоматизації прийняття рішень.
Робототехніка та автоматизація	Використання автономних машин, роботів та автоматизованих систем для виконання рутинних, складних або небезпечних завдань.
Блокчейн та електронна комерція	Блокчейн забезпечує прозорість та простежуваність продукції по всьому ланцюгу поставок. Електронна комерція дозволяє фермерам безпосередньо виходити на ринок.

Економічна ефективність аналізу великих даних (Big Data) та штучного інтелекту (AI) полягає в наступному:

Прогнозування та планування: AI може прогнозувати врожайність, погодні ризики, ціни на ринку, що дозволяє фермерам краще планувати посів, збір урожаю та збут продукції.

Оптимізація ланцюгів поставок: AI оптимізує логістичні маршрути, зменшуючи витрати на транспортування та скорочуючи час доставки.

Зниження ризиків: штучний інтелект може ідентифікувати потенційні загрози (хвороби рослин) на ранніх стадіях, дозволяючи вжити превентивних заходів.

Економічна ефективність робототехніки та автоматизації полягає в наступному:

Зменшення витрат на робочу силу: в умовах дефіциту робочої сили та зростання її вартості роботи можуть виконувати завдання з високою точністю та безперервно, що значно знижує операційні витрати.

Підвищення ефективності: автономні трактори та комбайни працюють з високою точністю 24/7, збільшуючи продуктивність та скорочуючи терміни

виконання робіт.

Покращення якості: роботизовані системи для збору врожаю (наприклад, для полуниці чи томатів) або сортування продукції мінімізують пошкодження та забезпечують стабільно високу якість.

Економічна ефективність Блокчейн технології та електронної комерції полягає в наступному:

Підвищення довіри споживачів: блокчейн гарантує автентичність та якість продукції, що дозволяє встановлювати преміальні ціни на продукцію.

Зниження витрат на посередників: прямі продажі через електронні платформи зменшують кількість посередників, збільшуючи маржу виробника.

Ефективне управління ланцюгами поставок: прозорість даних зменшує можливості для шахрайства та підвищує ефективність логістики.

Незважаючи на очевидні переваги, впровадження діджиталізації в АПК стикається з певними викликами: значні інвестиції (вартість сучасних технологій може бути високою для дрібних та середніх господарств); цифрова грамотність (необхідність навчання персоналу новим навичкам); інфраструктура (недостатній розвиток широкосмугового інтернету в сільській місцевості); безпека даних (захист інформації від кіберзагроз) [4]. Однак, перспективи значно переважають ці виклики. Поступове впровадження, державна підтримка, кооперація та розробка доступних рішень дозволять агропромислому виробництву України повною мірою скористатися перевагами діджиталізації.

Висновок

Діджиталізація – це не просто інструмент, це нова філософія ведення сільського господарства. Вона перетворює традиційні аграрні підприємства на високотехнологічні компанії, здатні ефективно використовувати ресурси, мінімізувати втрати, оптимізувати всі процеси та виробляти високоякісну продукцію за конкурентоспроможними цінами. Впровадження цифрових технологій є невід'ємною умовою для підвищення економічної ефективності, стійкості та глобальної конкурентоспроможності українського агропромислового комплексу в XXI столітті. Це шлях до інноваційного розвитку, продовольчої безпеки та процвітання.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. *Аграрні інновації*. Номер 22. 2023. С. 175-179.
2. Digital technologies adoption and economic benefits in agriculture: a mixed-methods approach / W. Geng et al. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 11. P. 4431. URL: <https://doi.org/10.3390/su16114431>
3. Погляд у цифрове сьогодення агробізнесу. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniy-hektar/item/21782-innovatsiina-ahrotekhnika-ta-tekhnohii.html>
4. Батюк Л.А., Антощенкова В.В. Інноваційно-технологічні чинники глобального економічного розвитку. Науковий економічний журнал «Інтелект XXI», №1, Національний університет харчових технологій, ГО «Інститут

проблем конкуренції», Видавничий дім «Гельветика», Київ, 2019. С.76-80.

УДК 338.2:631.1

РОЛЬ AGROTECH-РІШЕНЬ В СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Глянь Т.І. здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі досліджується роль AgroTech-рішень в стратегії сталого розвитку. Розглядаються ключові можливості, які надає AgroTech.

AgroTech передбачає використанням технологій та розумних пристроїв для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Впровадження AgroTech-рішень дає змогу фермерам пом'якшити вплив на навколишнє середовище, підвищити врожайність та ухвалювати обґрунтовані рішення, забезпечуючи при цьому прибутковість і стійкість аграрного сектору. Ринок Північної Америки домінував на світовому ринку AgroTech із часткою 43,0 % у 2023 році, що зумовлено урядовими ініціативами в наданні субсидій та податкових пільг для впровадження технологій у секторі сільського господарства, а також співпрацею державного й приватного секторів у розробці та впровадженні AgroTech-рішень [1].

AgroTech – це перспективний напрям, який допоможе Україні інтегрувати технологічні рішення в стратегічно важливі сектори економіки: сільське господарство, харчову промисловість, біоенергетику та логістику. Україна має значний потенціал у сфері AgroTech завдяки унікальному поєднанню аграрних ресурсів і передових технологій. Використання штучного інтелекту, Інтернету речей та автономних систем дасть змогу значно підвищити ефективність агросектору. В табл.1 проаналізовано ключові можливості, які надає AgroTech.

Таблиця 1. Ключові можливості, які надає AgroTech

Чинники	Пояснення
Зміцнення позицій на глобальному ринку	Розвиток технологій дасть змогу перейти від експорту сировини до виробництва інноваційної продукції з високою цінністю.
Подолання дефіциту кадрів	Автоматизація та роботизація компенсують нестачу людських ресурсів і забезпечать стабільність виробництва.
Відновлення земель	Дрони для моніторингу та роботизовані системи сприятимуть розмінуванню й підвищенню продуктивності сільськогосподарських земель.
Стійкість до змін клімату	Використання сучасних технологій та цифрове управління водними ресурсами дасть змогу зменшити вплив клімату й підвищити врожайність.
Модернізація тваринництва	Використання AgroTech-технологій для виробництва рослинної альтернативи м'ясної продукції.

Тенденція поширення технологій автоматизації та роботизації сільськогосподарських процесів, а також збільшення державної підтримки й податкових стимулів урядами для заохочення впровадження AgroTech-рішень сприятимуть подальшому зростанню ринку у світі. Очікується, що ринок

AgroTech в Азійсько-Тихоокеанському регіоні розвиватиметься найшвидшими темпами завдяки посиленню урядових ініціатив та фінансової допомоги на розвиток AgroTech. 70% українського AgroTech орієнтоване на зовнішні ринки. Це створює величезні можливості для міжнародної співпраці й дає змогу агротехнологічним компаніям з України пропонувати свої рішення на глобальному рівні. А в Україні інноваційні рішення, які аграрному сектору України надає ІТ-індустрія, уже підвищують її конкурентоздатність. Тому створення стратегії розвитку AgroTech в Україні – це комплексне посилення позицій ІТ-індустрії на внутрішньому й зовнішньому ринках. Впровадження інноваційних технологій у сільське господарство може значно посилити економіку країни і стати вирішальним чинником у подоланні сучасних викликів [2, с. 295]. У 2023 році AgroTech-сектор додав приблизно 3% до ВВП України, однак розвиток технологій залишається на нижчому рівні порівняно зі світовим. Щорічно галузь AgroTech залучає приблизно \$4 млн у порівнянні із середніми показниками у світі, які становлять \$3 млрд.

Щоб реалізувати можливості AgroTech, важливо запустити низку інноваційних проєктів, які допоможуть протестувати нові технології на практиці та інтегрувати їх у реальний сектор економіки. Для реалізації секторальної стратегії необхідно створити відповідну екосистему підтримки технологічних інновацій у сільському господарстві, що передбачає наступне: розвиток нормативно-правової бази для регулювання автономної техніки та інноваційних харчових технологій; інвестиції в інфраструктуру та R&D – створення дослідницьких центрів та підтримка технологічних парків; фінансова підтримка стартапів та підприємств – гранти, податкові пільги й програми державно-приватного партнерства; залучення міжнародних партнерів для інтеграції в глобальні ланцюги агропродовольчої цінності.

Висновок

Отже, AgroTech, або аграрні технології, відіграють ключову роль у модернізації сільського господарства та реалізації стратегії сталого розвитку в Україні. Інтеграція новітніх технологій у аграрний сектор дозволяє підвищити продуктивність, забезпечити ефективне використання ресурсів і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Варто відзначити сильні сторони AgroTech-рішень: широке поле для впровадження технологій завдяки великій кількості гравців у межах агропродовольчого сектору; наявність великої кількості вже готових інноваційних рішень для цифровізації агропродовольчої галузі; сформована роль України як світового хабу сільськогосподарської сировини може підвищувати довіру до українських AgroTech-рішень.

Список використаних джерел

1. Міністерство цифрової трансформації України, Асоціація IT Ukraine. Галузева стратегія: AgroTech (технології сільського господарства та харчової промисловості) https://winwin.gov.ua/assets/files/U%D0%90_AgroFoodTech.pdf
2. Антощенко В. В., Глянь Т.І. Історичний аспект сталого розвитку в умовах глобалізації. Економічний аналіз. 2024. Том 34. № 1. С. 291-298.

УДК 346.2; 342.7

НОВИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ КОРПОРАТИВНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ В МХП

Дейнега М.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі наводяться рекомендації щодо розвитку корпоративної соціальної відповідальності в МХП, як підхід до ведення бізнесу, за яким компанії враховують свій вплив на суспільство та довкілля, дотримуючись етичних норм та реалізуючи ініціативи, які виходять за межі простого отримання прибутку.

Український бізнес крок за кроком переходить на сучасні рейки роботи. Складає довгострокові плани, вкладає в інновації, турбується про навколишнє середовище. Ще не масово і не зовсім так, як у Європі, де великий виробник дбає про утилізацію свого товару ще до його продажу, але спроби вийти за межі простої комерції є. З'явився цілий новий напрям для цього – корпоративна соціальна відповідальність.

Кожне підприємство має вплив на навколишнє середовище – соціальне й екологічне [1, с.8]. Відповідальність за цей прямий і опосередкований вплив і є ідеологією МХП. Раніше такі речі мало кого хвилювали, а зараз вони – у фокусі. Багато залежить від світогляду власника бізнесу. Компанія МХП [2] представлена в 14 областях країни, проте є три ключові області (Вінницька, Черкаська, Київська області), де зосереджена найбільша кількість наших потужностей, відповідно й інвестицій на них припадає найбільше. В основному, це активності екологічного спрямування, адже будь-яке виробництво має екологічне навантаження. Також не можна обійти проблеми місцевих лікарень, шкіл, дитячих садочків у селах, розвиток інфраструктури. Звісно, відбудувати все ми не можемо – це завдання держави та самих громад, але точково допомагаємо у найболючіших питаннях. Але варто розуміти, що це лише точкова допомога, яка не є основним напрямом МХП. Переважна частина проєктів компанії – розвиваючі, навчальні, покликані змінити свідомість людей. Щоб не чекали благ від спонсорів, президента чи Верховної Ради, а змінювали середовище як члени громади [3]. Відкриваємо для них шляхи, можливості й допомагаємо йти. Коли бачимо зворотний зв'язок – завжди даємо більше.

В 2024 році компанія спрямувала на проєкти КСВ 177 млн грн. У місто Ладижин та прилеглі території (Вінницька область), де знаходиться найбільша птахофабрика МХП, було інвестовано понад 52 млн грн. Але будь-який бізнес потребує трудового ресурсу, тим більше компанії, що мають значні виробничі потужності. І завжди є ризики виїзду людей за кордон та в цілому тенденція до урбанізації. Компанія МХП зацікавлена, щоб і сьогодні, й через 10 років було кому працювати. Людям важливо створювати комфортні умови, щоб вони були мотивовані не виїжджати, а розвиватись тут, на місцях. Тому для нас не менш пріоритетним є створення саме такого середовища, і це стосується не тільки умов праці, а й рівня життя у тих населених пунктах, де проживають наші

співробітники. У даному контексті ми виступаємо локомотивом цього процесу, до якого чіпляються вагони – громади, представники бізнесу.

Компанія активно підтримує розвиток місцевих громад через благодійні програми, зокрема через співпрацю з нашим стратегічним партнером, Благодійним фондом «МХП-Громаді». Важливими напрямками є підтримка освітніх і культурних ініціатив, соціальна допомога, а також екологічні проекти, спрямовані на збереження природних ресурсів та мінімізацію впливу на довкілля. З початку повномасштабної війни МХП спільно з Благодійним фондом «МХП-Громаді» надає всебічну підтримку військовим, ветеранам, їхнім родинам, переселенцям та іншим вразливим категоріям населення. Ми фінансуємо облаштування укриттів, підтримуємо ініціативи з продовольчої безпеки та розвитку сільського господарства. Усіма своїми проектами МХП доводить: відповідальний бізнес може бути силою, яка позитивно змінює світ.

Компанія реалізує комплексну політику соціальної відповідальності, яка охоплює кілька стратегічних напрямків: комплексна розбудова громад та підтримка громадських ініціатив: МХП активно інвестує в будівництво та ремонт об'єктів критичної інфраструктури в місцевих громадах; програми, спрямовані на покращення здоров'я; навчання для місцевих управлінців задля посилення їхніх навичок управління та сприяння сталому розвитку регіонів; програми підтримки мікропідприємництва; системна підтримка сил оборони та військовослужбовців: компанія реалізує програму індивідуального супроводу та комплексної підтримки військових, ветеранів та їхніх родин «МХП Поруч»; культурна дипломатія: через підтримку важливих культурних проектів МХП активно привертає увагу світової спільноти до України.

Висновок

Соціальна відповідальність є невіддільною частиною стратегії МХП. Працівники МХП та дочірніх підприємств активно залучаються до волонтерства, демонструючи високу відповідальність перед суспільством і довкіллям. За перші шість місяців 2024 року вони зібрали понад 37 мільйонів гривень на підтримку армії та інші соціальні ініціативи. Щороку МХП організовує толоки за участі наших співробітників, спрямовані на покращення стану довкілля та наведення порядку в населених пунктах. Ці заходи стали доброю традицією на територіях присутності підприємств МХП і мають на меті турботу про громади і підвищення обороноздатності національної економіки.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В. В., Дейнега М. В. Історико-теоретичні аспекти корпоративної соціальної відповідальності / Вчені записки : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України, Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана ; [редкол.: О. Яценко (голов. ред.) та ін.]. Київ : КНЕУ, 2023. Вип. 30. С. 6-14.

2. Офіційний сайт МХП: <https://mhp.com.ua/uk/stalyy-rozvytok/korporatyvna-sotsialna-vidpovidalnist>

3. Розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері сприяння розвитку соціально відповідального бізнесу в Україні на період до 2030 року» від 24.01.2020 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/66-2020-%D1%80#Text>

УДК 338.43:004

СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

Ісагулов І.Д., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі досліджено сутність і значення діджиталізації аграрного сектору, а також основні напрями впровадження цифрових технологій в аграрному виробництві.

У XXI столітті сільське господарство зазнає глибоких змін, пов'язаних із технологічним прогресом та глобальною цифровою трансформацією. Диджиталізація (цифровізація) стає невід'ємною складовою сучасного агропромислового виробництва, адже вона спрямована на підвищення ефективності використання ресурсів, скорочення витрат і збільшення прибутковості. Умови ведення аграрного бізнесу в Україні, як і у світі, потребують гнучкості, точності та швидкості прийняття рішень. Саме цифрові технології забезпечують такі можливості, створюючи конкурентні переваги для фермерів і агрокомпаній.

Аграрний сектор є одним із ключових секторів національної економіки, який формує значну частину ВВП України та забезпечує продовольчу безпеку держави. Тому впровадження цифрових технологій у цей сектор має не лише економічне, а й стратегічне значення [1, с.294].

Таблиця 1. Основні напрями впровадження цифрових технологій в аграрному виробництві

Напрямки	Характеристика
Точне землеробство (Precision Agriculture)	це система управління сільськогосподарським виробництвом на основі даних із супутників, дронів, датчиків і систем GPS. Воно дозволяє визначати неоднорідність полів, точно дозувати добрива, пестициди та воду, контролювати стан посівів у режимі реального часу. Такі технології допомагають скоротити витрати на ресурси до 30%, підвищуючи врожайність на 10–15%.
Автоматизація техніки та виробничих процесів	Сучасна агротехніка оснащується автопілотами, сенсорами, системами моніторингу роботи двигунів і витрати пального. На тваринницьких фермах використовуються автоматичні системи доїння, годівлі, прибирання, що мінімізує людський фактор і підвищує стабільність виробництва.
Використання аналітики, Big Data і штучного інтелекту	Аналітичні системи дозволяють моделювати виробничі процеси, прогнозувати врожайність, аналізувати ризики погодних умов чи поширення хвороб рослин. Штучний інтелект допомагає визначати оптимальний час для посіву, збирання врожаю чи обробки полів.
Цифрові платформи управління господарством	Farm Management Systems (FMS) об'єднують усю інформацію про підприємство – від запасів насіння до бухгалтерського обліку. Вони дають можливість планувати роботи на полях, вести електронний облік витрат, контролювати виконання завдань працівниками.
Електронна комерція та цифрова логістика	Онлайн-торгівля агропродукцією відкриває нові ринки збуту. Фермери можуть напряду продавати продукцію покупцям через електронні платформи, уникаючи посередників. Системи цифрової логістики дозволяють оптимізувати маршрути доставки та скоротити витрати на транспортування.

Диджиталізація – це процес використання цифрових технологій, програмного забезпечення, інформаційних систем і мережових рішень для

автоматизації, оптимізації та моніторингу виробничих процесів. У контексті агропромислового виробництва диджиталізація охоплює збір і аналіз даних про стан ґрунтів, клімат, посіви; автоматичне керування технікою; використання безпілотних літальних апаратів; застосування сенсорів для контролю умов навколишнього середовища; електронні системи обліку та управління виробництвом; цифрові платформи торгівлі та логістики [2, с.75]. Головна ідея диджиталізації полягає в тому, щоб перетворити дані на інструмент управління. Кожне рішення – від вибору сорту насіння до збуту готової продукції – має ґрунтуватися на точних, аналітично оброблених даних. Впровадження цифрових технологій у АПК має безпосередній економічний ефект, який проявляється у таких аспектах: зниження виробничих витрат, підвищення продуктивності праці, зростання врожайності, покращення якості продукції, зменшення екологічного навантаження. Навіть часткове впровадження технологій точного землеробства може збільшити прибутковість господарства на 10–25%.

Серед головних труднощів: нестача фінансових ресурсів, недостатній рівень цифрової грамотності, відсутність швидкісного інтернету у сільських районах, несумісність технологій, недосконале законодавство. Подолати ці бар'єри можливо лише шляхом тісної співпраці держави, бізнесу й науки. Україна має значний потенціал для розвитку цифрового аграрного сектору. На державному рівні реалізуються програми цифрової трансформації агросектору, зокрема створення Національної платформи агроданих, розвиток електронних кадастрів, впровадження електронного документообігу. Серед перспективних напрямів розвитку: використання дронів і супутникового моніторингу, Інтернету речей, блокчейну, Big Data-аналітики.

Отже, диджиталізація агропромислового виробництва є одним із найважливіших чинників підвищення його економічної ефективності. Вона дозволяє перейти від традиційних методів ведення господарства до інтелектуального управління виробничими процесами, де кожне рішення базується на точних даних. Розвиток цифрових технологій у сільському господарстві не лише сприяє зростанню прибутковості підприємств, а й забезпечує сталий розвиток галузі, екологічну безпеку та продовольчу стабільність країни. Майбутнє аграрного сектору – це «розумне сільське господарство» (Smart Farming), у якому поєднуються наука, технології та практичний досвід. Від того, наскільки швидко Україна зможе впровадити цифрові інновації в аграрне виробництво, залежатиме її економічна конкурентоспроможність на світовому ринку.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В. В., Глянь Т.І. Історичний аспект сталого розвитку в умовах глобалізації. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 1. С. 291-298.
2. Батюк Л.А., Антощенкова В.В. Інноваційно-технологічні чинники глобального економічного розвитку. *Науковий економічний журнал «Інтелект ХХІ»*, №1, Національний університет харчових технологій, ГО «Інститут проблем конкуренції», Видавничий дім «Гельветика», Київ, 2019. С.76-80.

УДК 330.004

ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ЗРОСТАННЯ

Клеріні М.Г., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розглянуто основні елементи диджиталізації, а також приклади успішної цифровізації бізнесу.

Диджиталізація, що характеризується інтеграцією цифрових технологій в усі аспекти життя та бізнесу, стала ключовим фактором економічної трансформації у 21 столітті. Зв'язок між диджиталізацією та економічним зростанням є складним, багатограним та динамічним, впливаючи на продуктивність, інновації, зайнятість та соціально-економічний розвиток. Діджиталізація підвищує продуктивність шляхом оптимізації процесів, зниження витрат та покращення розподілу ресурсів. Такі технології, як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та Інтернет речей, дозволяють підприємствам оптимізувати операції, мінімізувати відходи та ефективніше реагувати на потреби споживачів. Наприклад, автоматизація у виробничих галузях збільшує обсяг виробництва, зберігаючи при цьому стабільну якість. Аналогічно, системи управління цифровими ланцюгами поставок покращують відстеження запасів, скорочують терміни доставки та запобігають перевиробництву.

Цифрові інструменти сприяють швидшому та точнішому прийняттю рішень. Хмарні обчислення та аналітика даних дозволяють підприємствам використовувати величезні обсяги інформації, що дозволяє краще прогнозувати та стратегічно планувати. Це підвищення продуктивності призводить до вищих рівнів виробництва, зниження операційних витрат та підвищення конкурентоспроможності, що сприяє загальному економічному зростанню.

За законодавством України, цифровізація – насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливорює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір [4]. «Диджиталізація» – те ж саме, що і «оцифровування» в перекладі, а «диджиталізація» – це «цифровізація». Диджиталізація (цифровізація) – це перетворення традиційних форм інформації, як-от текст на папері чи аналогові записи, у цифровий формат, який легко обробляється та зберігається на комп'ютерах. Цей процес дозволяє нам швидко обмінюватися даними та інформацією через інтернет, що робить наше життя більш зручним і пов'язаним.

Діджиталізація діє як каталізатор інновацій, надаючи інструменти та платформи, необхідні для творчого вирішення проблем і розробки нових продуктів і послуг. Стартапи та малий бізнес, зокрема, отримують вигоду від цифрових технологій, які знижують бар'єри для входу, зменшуючи витрати та демократизуючи доступ до світових ринків. Наприклад, платформи електронної комерції дозволяють малим підприємствам охоплювати міжнародну аудиторію, збільшуючи можливості отримання доходу та сприяючи зростанню

підприємництва. Крім того, цифрові екосистеми заохочують співпрацю та обмін знаннями, стимулюючи інновації. Розробка програмного забезпечення з відкритим кодом, онлайн-освітні платформи та глобальні віртуальні мережі створюють можливості для окремих осіб та організацій спільно створювати та вдосконалювати ідеї. Ця культура інновацій стимулює економічну диверсифікацію та прискорює перехід до економіки, заснованої на знаннях [3]. Діджиталізація руйнує географічні бар'єри, пов'язуючи підприємства та споживачів по всьому світу. Цифрові платформи сприяють транскордонній торгівлі та інвестиціям, дозволяючи країнам ефективніше інтегруватися в глобальні ланцюги створення вартості. Для країн, що розвиваються, це дає можливість перестрибнути традиційні процеси індустріалізації та брати участь у світових ринках через такі сектори, як цифрові послуги та аутсорсинг технологій. В табл. 1 проаналізовано основні елементи діджиталізації.

Таблиця 1. Основні елементи діджиталізації

Елементи	Суть
Перетворення даних у цифровий формат	Це включає цифрове кодування тексту, зображень, аудіо та відео, дозволяючи легке зберігання, обробку та передачу інформації.
Інтеграція цифрових технологій у повсякденне життя	Цифровізація трансформує способи нашого спілкування, навчання, роботи та відпочинку, інтегруючи цифрові рішення у різні сфери діяльності.
Використання Інтернету та мобільних технологій	Ці технології забезпечують миттєвий доступ до величезної кількості інформації та сервісів.
Автоматизація та використання штучного інтелекту	Це включає в себе розвиток алгоритмів, що можуть виконувати складні завдання, аналізувати великі обсяги даних та покращувати прийняття рішень.

Крім того, діджиталізація покращує доступ до фінансових послуг, особливо для малозабезпечених верств населення. Мобільний банкінг та цифрові гаманці змінили фінансовий ландшафт і мільйони людей тепер мають доступ до кредитів, заощаджень та платіжних систем. Ця фінансова інклюзія розширює можливості окремих осіб та малого бізнесу, сприяючи економічному зростанню. Вплив діджиталізації на зайнятість є двояким: вона створює нові можливості, водночас роблячи певні робочі посади застарілими. З одного боку, цифрові технології створюють попит на кваліфіковану робочу силу в таких галузях, як розробка програмного забезпечення, кібербезпека та наука про дані. Ці ролі, як правило, добре оплачуються, що сприяє вищим доходам та збільшенню споживчих витрат. З іншого боку, автоматизація та штучний інтелект загрожують робочим місцям, які передбачають рутинні завдання, особливо у виробництві, роздрібній торгівлі. Це витіснення створює потребу в ініціативах з перепідготовки та підвищення кваліфікації, щоб підготувати робочу силу до вимог цифрової економіки. Уряди та зацікавлені сторони приватного сектору повинні співпрацювати для розробки освітніх та навчальних програм, які зосереджуються на цифровій грамотності, критичному мисленні та адаптивності. В табл.2 подано приклади успішної діджиталізації бізнесу.

Таблиця 2. Приклади успішної діджиталізації бізнесу

Компанія	Приклад
Amazon	Amazon стала взірцем успішної діджиталізації, інтегруючи інноваційні цифрові рішення у всі аспекти своєї діяльності від логістики до обслуговування клієнтів.
Netflix	Netflix перетворив індустрію розваг, перейшовши від DVD-формату до лідера у сфері стрімінгових сервісів.
Alibaba	Alibaba, китайський маркетплейс гігант електронної комерції, революціонував способи онлайн-торгівлі, запровадивши новітні технології в обробці великих даних і мобільній комерції.
Uber	Uber змінив підхід до персональних перевезень, впровадивши мобільний додаток, що з'єднує водіїв та пасажирів, тим самим оптимізувавши процеси в цій галузі.
Rozetka	Український онлайн-ритейлер Rozetka став лідером у сфері електронної комерції в Україні, використовуючи інноваційні цифрові рішення для забезпечення широкого асортименту товарів та ефективного обслуговування клієнтів.

Висновок

Роль діджиталізації в економічному зростанні особливо важлива для країн, що розвиваються. Ці країни можуть використовувати цифрові технології для подолання структурних проблем, таких як слабка інфраструктура, обмежена промислова база та неефективні державні послуги. Мобільні технології, наприклад, революціонізували сільське господарство, надаючи фермерам оновлення погоди в режимі реального часу, ринкові ціни та передовий досвід, підвищуючи продуктивність та доходи. Однак переваги цифровізації в цих регіонах залежать від кількох факторів, включаючи політичну стабільність, нормативно-правову базу та інвестиції в людський капітал. Країни, що розвиваються, повинні надавати пріоритет розвитку цифрових навичок, залучати іноземні інвестиції в технологічні сектори та створювати політику, яка заохочує інновації та підприємництво.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В. В., Дейнега М. В. Історико-теоретичні аспекти корпоративної соціальної відповідальності / Вчені записки : зб. наук. пр. Київ : КНЕУ, 2023. Вип. 30. С. 6–14.
2. Антощенкова В.В. Організаційно-економічний механізм інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, Сер. Економічні науки. 2021. №2 Том. 1. С. 161-170.
3. Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки (розпорядження Кабінету Міністрів України). №67-р. (2018). Вилучено з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p#Text>.

УДК 338.432; 658.11

УЧАСТЬ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТІЙКОСТІ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИСТЕМИ У СВІТІ

Семперович І.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі проаналізовано технології та практики сталого сільського господарства, що покращують екологічну ситуацію, піклуються про майбутні покоління і визначають продовольчу безпеку сучасності.

Світ, зіштовхнувшись із погіршенням ситуації у сфері забезпечення стійкості сільськогосподарського виробництва та загалом функціонування світової продовольчої системи, змушений терміново шукати скоординовані відповіді на ці виклики, у т. ч. за допомогою провідних міжнародних організацій та ініціатив. У цьому аспекті міністри закордонних справ групи країн G7 18 травня 2022 р. обговорили наслідки війни Росії проти України для глобальної продовольчої безпеки та привітали ініціативу Генерального секретаря ООН щодо скликання «Групи глобального реагування на кризу в галузі продовольства, енергетики і фінансів» (GCRG). Наголос було зроблено на різних міжнародних ініціативах, як-от Місія з питань стійкості продовольства та сільського господарства (FARM), ключових регіональних ініціативах, зокрема й тих, що стосуються африканських та середземноморських країн, з майбутнім Середземноморським діалогом на рівні міністрів щодо кризи продовольчої безпеки. Основні напрямки діяльності міжнародних організацій представлені в табл.1 [1].

Таблиця 1. Основні напрямки діяльності міжнародних організацій

Напрямки	Діяльність
Експертна та технічна допомога	Міжнародні організації надають технічну допомогу країнам для розробки ефективної аграрної політики, покращення систем якості та безпеки харчових продуктів, а також впровадження сталої практики виробництва
Фінансова підтримка	Вони залучають значні кошти для розвитку сільського господарства та села через різноманітні проекти та програми, що включають інвестиції в інфраструктуру, дослідження та навчання.
Координація та реагування на надзвичайні ситуації	Організації координують зусилля, щоб реагувати на кризи, спричинені війнами, природними катаклізмами або іншими факторами, які загрожують продовольчій безпеці, як це відбувається в Україні під час війни, надаючи термінову допомогу фермерам.
Зменшення втрат продовольства	Вони впроваджують програми для скорочення втрат продовольства на всіх етапах виробництва, зберігання та транспортування, що є важливим для забезпечення глобальної продовольчої безпеки.
Статистична та інформаційна підтримка	Надають доступ до актуальної статистики та баз даних, що допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення на національному та міжнародному рівнях.
Сприяння сталому розвитку	Підтримують перехід до більш сталого та стійкого сільського господарства, що враховує екологічні, соціальні та економічні аспекти.

Міжнародні організації, такі як Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО), відіграють ключову роль у забезпеченні стійкості сільського господарства та продовольчих систем через надання експертної допомоги, фінансової підтримки, координацію зусиль та розробку програм у сфері продовольчої безпеки. Вони допомагають країнам вдосконалювати аграрну політику, підвищувати якість та безпечність продуктів, зменшувати втрати продовольства, а також підтримують фермерів у кризових ситуаціях, як це спостерігається в Україні, де ФАО надає насіння, корм, грошову допомогу та засоби для зберігання зерна [2, с.145; 3, с.215].

Продовольча та сільськогосподарська організація ООН, Всесвітня продовольча програма ООН (ВПП) і Швейцарський фонд протимінної діяльності (FSD) влітку 2023 р. розпочали реалізацію спільної програми для підтримки дрібних фермерів і сільських домогосподарств, які найбільше постраждали від війни Росії проти України. Очищення землі від вибухонебезпечних предметів є першим кроком до відновлення сільських громад в Україні, що опинилися у зоні бойових дій, та запобігання їхній довготривалій залежності від гуманітарної допомоги. Протягом 2023 р. Україні вдалося повернути в обіг 18 тис. км² українських земель із 174 тис. км², які вважалися потенційно забрудненими, із них 208 тис. га – це сільськогосподарські землі. Якщо брати до уваги середню врожайність пшениці по країні за цей рік, то на цій площі можна виростити майже мільйон тонн зерна. Але необхідно перевірити на наявність мін та інших вибухонебезпечних предметів іще понад 156 тис. км² території. Допомога партнерів у цій галузі може сприяти відновленню світової економіки та посиленню світової продовольчої безпеки [4].

Деградація ґрунтів – довгостроковий наслідок війни, який визначатиме майбутнє сільського господарства в Україні. Розмінування – дорогий і тривалий процес, що може тривати близько десяти років. Хімічне забруднення ґрунту на раніше замінованих територіях матиме негативні наслідки для сільського господарства, довкілля та людей протягом наступних поколінь. Розмінування має поєднуватися з комплексною екологічною оцінкою і моніторингом забруднення ґрунту. Науково обґрунтована рекультивация на менше забруднених землях та консервація земель на найбільш забруднених територіях будуть мати вирішальне значення для фермерів, які в іншому випадку можуть втратити засоби виробництва; для місцевих громад і споживачів, які повинні мати доступ до здорової їжі; для довкілля, адже порушені екосистеми повинні бути відновлені. Згадана спільна програма вже стартувала в Харківській області, її буде поширено на Миколаївську та Херсонську області. Вона орієнтується на фермерів із земельними ділянками до 300 га, а також на сільські домогосподарства, які вирощують продукти харчування для власного споживання.

Програма складатиметься з трьох етапів. На першому учасники проєкту спільно з громадами, місцевою владою та Міністерством аграрної політики та продовольства України визначать за допомогою супутникових зображень і нанесуть на мапу межі земель, що потребують розмінування.

На другому етапі групи з розмінування обстежуватимуть і очищуватимуть землі від мін та інших вибухонебезпечних предметів. У пріоритеті розмінування – земельні ділянки, які можуть бути швидко розміновані з проведенням мінімальних робіт з їх очищення.

Під час третього етапу ФАО і FSD проведуть аналіз ґрунту, щоб оцінити рівень забрудненості речовинами, які залишилися після розриву боеприпасів. Проводитимуть опитування дрібних фермерів і сільських сімей, щоб з'ясувати, які ресурси їм необхідні для відновлення сільгоспвиробництва. Вартість програми – 100 млн дол. США. Крім того, програма отримала підтримку Гуманітарного фонду України, Фонду спільного фінансування ООН, а також приватних донорів. За розрахунками ФАО, у 2023 р. 500 тис. українських господарств отримали допомогу з відновлення сільськогосподарської діяльності від цієї організації. У 2022 р. ФАО допомогло 40 тис. домогосподарств відновити сільськогосподарську діяльність. У 2023 р. на допомогу українському аграрно-промисловому комплексу ФАО спрямує 205 млн дол. США, 100 млн дол. із цієї суми надійде на підтримку сільськогосподарських домогосподарств.

Висновок

Отже, фінансова підтримка міжнародних фінансових інституцій завдяки наданню кредитних ресурсів та донорської допомоги є життєво важливою для вирішення питань забезпечення стійкості сільського господарства України, відновлення аграрного сектору країни та реконструкції його активів, зміцнення державних інституцій, гарантування ліквідності малих фермерських господарств та банків. Важливо розробити стратегії та заходи, спрямовані на вирішення проблем деградації ґрунтів, відновлення й розвитку водної інфраструктури, проблем непрозорості та викривлення конкуренції та проблем, що спричинені домінуванням великих підприємств. Міжнародна спільнота продовжуватиме підтримувати аграрний сектор України, підкріплюючи свою відданість сталому розвитку та зміцнюючи економічну витривалість України за допомогою інвестицій у приватний сектор.

Список використаних джерел

1. Про схвалення Стратегії продовольчої безпеки України на період до 2027 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23.07.24 р. № 684-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/684-2024-%D1%80#Text>
2. Онегіна В.М., Антощенкова В.В. Основи глобальної продовольчої безпеки. «Духовність особистості: методологія, теорія і практика». Volume 1 2023. С.140-149. DOI: <https://doi.org/10.33216/2220-6310-2022-103-1-6-140-149>
3. Антощенкова В.В. Складові та напрямки управління продовольчою безпекою. «Аграрні інновації» № 18, 2023. С. 212-219.
4. Агресія РФ проти України як загроза глобальній продовольчій безпеці : аналіт. доп. / [Бобровицький А., Борділовська О., Колосова В., Ус І., Широкий Г.] ; за заг. ред. М. Паламарчука. Київ : НІСД, 2024. 80 с. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.10>.

УДК 338.43:004

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Українець А. Д., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі досліджено процеси диджиталізації, що є ключовим фактором, що сприяє підвищенню економічної ефективності агропромислового виробництва. Диджиталізація дозволяє оптимізувати процеси, поліпшити управлінські рішення, запускати інновації та знижувати витрати.

З виникненням перших цифрових пристроїв наприкінці 20 століття, запустився незворотний процес диджиталізації. А з появою інтернету та смартфонів вона набула масового характеру. Штучний інтелект, Big Data, інтернет речей, машинне навчання, хмара постійно розвиваються й отримують дедалі більше сфер застосування. Диджиталізація – це використання цифрових технологій для зміни бізнес-моделі та створення нових можливостей для отримання прибутку.

Агропромислове виробництво (комплекс) – це складова частина економіки, до якої належать: галузі які займаються виготовленням засобів для сільськогосподарського господарства, та інших галузей; галузі що здійснюють переробку, збереження, транспортування продукції із с/г сировини та її подальшу реалізацію; сільськогосподарське виробництво; соціальна та виробнича інфраструктури. Кожна з них виконує свою роль у відтворенні економіки, але основою все ж є сільське господарство. Такий акцент в системі АПК обумовлений тим, що основою кінцевого продукту є сільськогосподарська продукція, а саме сільське господарство займається вирощуванням таких культур, як: зернові, олійні та ефірно-олійні, фрукти, овочі, цукрові буряки, ріпак та соя.

АПК стикається з багатьма сучасними викликами, такими як зростаючий попит на продовольство, брак природних ресурсів, кліматичні зміни і конкуренція на світових ринках. Також є потреба в ефективному використанні ресурсів бо їх нераціональне використання може зрештою призвести до екологічних проблем та суттєвого зниження продуктивності промисловості. Цифрові технології демонструють значний потенціал для модернізації сільськогосподарського виробництва, сприяючи підвищенню продуктивності, зниженню витрат та забезпеченню екологічної стійкості [1, с.78].

Основними напрямками диджиталізації АПК є:

Точне землеробство – використання датчиків ґрунту, супутникового моніторингу і дронів, для збору даних про вологість, поживні речовини і стан рослин. Це дасть змогу краще використовувати добрива, полив та засоби захисту рослин, максимізуючи їх ефективність.

Інтернет речей – підключення датчиків і сенсорів до мережі, для моніторингу в реальному часі. Це дозволить оперативно реагувати на зміни.

Аналітика даних (Big Data та ШІ) – аналіз великих обсягів даних (прогнози

погоди, агрономічні моделі) для прогнозування врожайності, аналізу ризиків.

Прозорість та простежуваність – це особливо важливо для підвищення довіри споживачів, отримання сертифікації продукції. Блокчейн-технології для відстеження поставок і транзакцій допоможуть гарантувати якість.

Диджиталізація напряду впливає на економічну ефективність [2].

Зниження витрат – точне внесення води і добрив знижує витрати і втрати. Також завдяки цифровим платформам, відбувається економія часу та фінансів на логістику.

Підвищення продуктивності та врожайності – маючи більше інформації про ріст і розвиток культур, завдяки моніторингу і відстежуванню, можна збільшити врожайність. Прогнозування ризиків або несприятливих погодних умов знижує втрати. Продуктивність підвищується завдяки автоматизації.

Покращення екологічної стійкості – точне землеробство зменшує перевитрати добрив та пестицидів. Оптимізація водоспоживання завдяки системам розумного зрошення. Диджиталізація сприяє зниженню екологічного навантаження, підвищуючи якість продукції з меншими витратами.

Але не може обійтися і без мінусів. Для диджиталізації потрібні сприятливі умови, які включають в себе стабільне інтернет-з'єднання в сільській місцевості, висока вартість обладнання. Також не всі фермери мають необхідні навички для роботи з цифровими інструментами, в це потрібно фінансово вкладатися. Збір даних також може порушити питання кібербезпеки і конфіденційності. Важливим є і соціальне питання – заміна ручної праці на автоматизацію може вплинути на зайнятість і робочі місця.

Висновок

Для правильного розвитку диджиталізації аграрні підприємства повинні мати чітку стратегію, яка включає в себе навчання, створення власних електронних платформ і систем моніторингу. Трансформаційні зміни, що вносяться цифровими технологіями в агробізнес, мають фундаментальний характер, оскільки охоплюють усі аспекти діяльності аграрних підприємств. Цифрові технології в аграрному виробництві дозволяють оптимізувати використання ресурсів та одночасно зменшувати витрати на управління. Якщо диджиталізація буде впроваджена правильно й інклюзивно, вона може стати ключовим аспектом підвищення економічної ефективності аграрного виробництва та зміцнення продовольчої безпеки як на національному, так і на глобальному рівні.

Список використаних джерел

1. Батюк Л.А., Антощенко В.В. Інноваційно-технологічні чинники глобального економічного розвитку. *Науковий економічний журнал «Інтелект XXI», №1, Національний університет харчових технологій, ГО «Інститут проблем конкуренції», Видавничий дім «Гельветика», Київ, 2019. С.76-80.*

2. Digital technologies adoption and economic benefits in agriculture: a mixed-methods approach / W. Geng et al. Sustainability. 2024. Vol. 16, no. 11. P. 4431. URL: <https://doi.org/10.3390/su16114431>

УДК 338.33

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Ближенський В.Є., здобувач вищої освіти; Філімонов Ю.Л., к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Здійснено огляд літературних джерел щодо сутності категорії «диверсифікація». Визначено мету і цілі диверсифікації діяльності аграрних підприємств. З позицій аналізу передумов доцільності реалізації стратегії диверсифікації уточнено її переваги та недоліки.

У широкому розумінні диверсифікація означає розширення асортименту, модернізацію продукції або освоєння нових напрямів виробництва. Це поняття має латинське коріння: «diversificatio» перекладається як зміна чи різноманітність, а «diversus» і «fasere» означають «різний» і «робити» відповідно [1].

М. Портер розглядав диверсифікацію як корпоративну, так і конкурентну стратегію, акцентуючи на важливості розвитку тих секторів, які наразі можуть бути не дуже прибутковими, але мають значний потенціал у майбутньому. Він підкреслював, що підприємствам, щоб отримати максимум прибутку, слід завчасно інтегруватися в певні галузі до моменту розкриття їхнього потенціалу [2].

Ф. Котлер і Г. Армстронг [3] зазначали, що одним із недоліків диверсифікації є ризик розпорошення ресурсів на різні напрями діяльності. У той же час когорта авторів [4-6] розглядають диверсифікацію як інструмент управління ризиками, з чим варто погодитися. Це пояснюється тим, що різні ринки мають індивідуальні особливості: різний рівень рентабельності виробництва, різну концентрацію ключових конкурентів, а також знаходяться на різних етапах життєвого циклу продукції та розвитку галузі.

Диверсифікація охоплює розширення сфер діяльності бізнесу, опанування нових галузей чи географічних ринків. Ці три аспекти формують основу диверсифікації, яка доповнюється такими елементами, як впровадження інноваційних технічних і технологічних рішень через використання внутрішніх ресурсів підприємства та максимізацію його потенціалу. До цього додається залучення нових методів фінансування, оптимізація інвестиційного портфеля, удосконалення внутрішніх бізнес-процесів і перегляд організаційно-виробничої структури для включення нових компонентів – таких як нові продукти, виробництва, технології чи постачальники. Важливим є також перерозподіл інвестицій між різними сферами та галузями діяльності.

Кінцева мета диверсифікації полягає у створенні множини параметрів, які відображають бажаний майбутній стан підприємства. Ці параметри можна ефективно застосовувати до будь-якої оперативної або конкурентної стратегії. Основними завданнями диверсифікації є розвиток підприємства, забезпечення його довгострокової стійкості на ринку, досягнення стратегічних цілей, зміцнення конкурентної позиції, максимізація наявних переваг, отримання додаткового прибутку та підвищення фінансових показників.

Усі ці аспекти є фундаментальними для будь-якої стратегії і водночас можуть бути інтегровані в процес диверсифікації. Але слід відзначити, що вони не завжди розкривають її специфіку. Особливі цілі диверсифікації охоплюють оптимізацію ризиків через їх перерозподіл і зниження, нейтралізацію впливу циклічних і сезонних змін, підвищення ефективності використання ресурсів завдяки більш гнучкому їх розміщенню. Це передбачає здатність підприємства вибирати найкращі варіанти використання ресурсів серед великої кількості напрямків діяльності, а також вдосконалення поділу праці через його поглиблення.

Для ґрунтовного аналізу передумов доцільності реалізації стратегії диверсифікації необхідно уточнити її переваги та недоліки.

Серед ключових переваг можна виокремити:

1) раціоналізацію використання наявних матеріальних ресурсів, що знижує сезонність виробництва та створює додаткові можливості для отримання доходу за допомогою галузевого маневрування;

2) досягнення додаткового синергетичного ефекту завдяки оптимальному поєднанню наявних ресурсів і кращому використанню їхнього потенціалу;

3) інтеграцію товарів із різним рівнем конкурентоспроможності, що дозволяє підвищити загальний рівень конкурентоспроможності підприємства на різних етапах життєвого циклу продуктів;

4) задоволення потреб споживачів шляхом впровадження інноваційної продукції, яка одночасно сприяє поліпшенню продовольчої безпеки держави;

5) підвищення ефективності використання ресурсного потенціалу через кооперацію та інтеграцію, що утворює партнерські конкурентні переваги.

Водночас, стратегія диверсифікації має низку суттєвих недоліків:

1) помилковий вибір напрямків горизонтальної чи вертикальної диверсифікації може призвести до надмірного розпорошення ресурсів і зриву запланованих результатів;

2) невідповідність сформованих активів обраній меті знижує ефективність її реалізації;

3) ослаблення мотивації до виробництва через невдалі результати диверсифікації або ускладнення системи управління внаслідок її перевантаження.

Отже, диверсифікація виступає однією з альтернативних корпоративних та конкурентних стратегій, актуальних для аграрних підприємств. Її доцільність визначається доступним ресурсним потенціалом підприємства, рівнем його достатності та наявністю відповідного досвіду в управлінні бізнесом

Диверсифікація сприяє суттєвому зменшенню основних ризиків аграрної діяльності, серед яких – сезонність, тривалий операційний цикл і обмеженість внутрішніх ринків збуту. Разом із тим недоліки, зокрема ризик невдалого вибору продукту чи ринку, можуть спричинити відчутні втрати ресурсного потенціалу або навіть фінансовий крах.

Диверсифікація стає найбільш ефективною для підприємств із достатнім рівнем ресурсного забезпечення та позитивним досвідом освоєння нових

продуктів або ринків. Її реалізація на національному рівні має інтегральний характер і сприяє підвищенню конкурентоспроможності економіки країни через вдосконалення аграрного сектору.

Список використаних джерел:

1. Пархомець М.К. Фінанси агропромислового виробництва: навчальний посібник. Тернопіль: ТНЕУ, 2015. 404 с. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/2156/1/Parhomec%20111.pdf>. (дата звернення 03.11.2025).
2. Porter M. Competitive Strategy. New York: Free Press. 1998.
3. Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., Wasilewska, N. Sustainable Development of Agriculture of Ukraine in the Context of Climate Change. *Sustainability*. 2023. № 15(13). P. 105-117.
4. Літвак О.А. Біоекономічний підхід у розвитку аграрного сектора економіки: теоретикометодичні та практичні аспекти. Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв, 2015. 88 с.
5. Мельник О.І. Інтеграційні процеси як складова підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора економіки. *Ефективна економіка*. 2016. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4839> (дата звернення 03.11.2025).
6. Сигида Н.О. Управління ланцюгами поставок: еволюція та перспективи розвитку. *Економічний простір*. 2016. № 119. С. 195-205.

УДК 330.35

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО ПІДПРИЄМНИЦТВА

Казаков А.Ю., здобувач вищої освіти; Філімонов Ю.Л., к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Визначено сутність інновацій у сільському господарстві; узагальнено теоретичні аспекти інноваційного розвитку аграрних підприємств; запропоновано класифікацію агроінвестицій; обґрунтовано фактори, що гальмують інноваційний розвиток галузі, а також його прискорюють; запропоновано шляхи удосконалення державної підтримки інноваційних процесів в АПВ.

У період до повномасштабної війни росії проти України аграрні підприємства України демонстрували позитивну динаміку, зумовлену активізацією інноваційної діяльності, що стала можливою завдяки залученню інвестицій у галузь. Це відкриває перед дослідниками завдання аналізу специфіки інновацій у сільському господарстві, які часто описуються терміном «агроінновації».

«Агроінновація» охоплює впровадження технічних, технологічних, економічних, організаційних, екологічних та інших нововведень у аграрне виробництво, спрямованих на забезпечення змін у галузі [1]. Агроінновації, як кінцевий результат впровадження новацій у діяльність сільськогосподарських

підприємств, включаючи оновлення сортів рослин, порід тварин, засобів захисту рослин або тварин, технологій вирощування, що забезпечують економічний, екологічний і соціальний ефекти [2].

Для глибшого розуміння суті агроінновацій варто звернути увагу на їх класифікацію, що дозволяє точніше визначити напрямки використання та форми впровадження. На основі аналізу наукових джерел [3-5] щодо класифікації інновацій в аграрному секторі висувається власний підхід до їх систематизації за різними ознаками:

1. За галузевим принципом: інновації у рослинництві, інновації у тваринництві, інновації у переробці та зберіганні продукції, інновації у діяльності, непов'язаній із аграрним виробництвом.

2. За напрямками використання: технічні засоби та обладнання, оборотні активи, інформаційні технології та системи, використання біологічних активів.

3. За сферою впровадження: виробничі процеси, управлінські аспекти, взаємовідносини із конкурентами та контрагентами, маркетингова діяльність.

4. За ефективністю інновацій: зростання технологічної ефективності, підвищення економічної ефективності, соціальна ефективність, усунення екологічних проблем, комплексний ефект.

5. За походженням: розроблені всередині підприємства, створені за участю підприємства, отримані ззовні.

Аграрні товаровиробники, які розглядають можливість впровадження інновацій, у першу чергу зосереджуються на досягненні кінцевих результатів, що можуть виявлятися у підвищенні технологічної, економічної, екологічної або соціальної ефективності. Технологічна ефективність у цьому випадку виражається завдяки зростанню врожайності сільськогосподарських культур, продуктивності тваринництва, покращенню якості продукції і зменшенню витрат на її виробництво. Результатом такого підходу стає розширення масштабів виробництва і суттєва економія ресурсів. Економічна ефективність вимірюється зниженням собівартості продукції, підвищенням ціни її реалізації, поліпшенням фінансового стану підприємства та рівнем його рентабельності. Ключовими показниками економічної ефективності є дохід і прибуток, які розраховуються на одиницю площі землі або поголів'я худоби, а також рівень рентабельності. Соціальну ефективність визначають за умовами праці та рівнем оплати працівників, а також задоволенням соціальних потреб. У зв'язку з цим соціальні інновації нерідко вважаються такими, що не мають прямого комерційного прибутку.

Однак значна частина дрібних і середніх сільськогосподарських підприємств стикається зі значними перепонами у впровадженні інновацій. Фактори, що стримують розвиток у цьому напрямі, можна згрупувати наступним чином:

- фінансові фактори, зумовлені високою капіталомісткістю нових технологій, нестачею коштів для інноваційних проектів та небажанням банків фінансувати ризиковані інвестиції;

- техніко-технологічні фактори, пов'язані із застарілою матеріально-технічною базою невеликих господарств, що не дозволяє впроваджувати сучасні технології без повного оновлення виробничого циклу;

- інституційні чинники, пов'язані з політичною нестабільністю, проблемами у податковій системі, особливостями ринку землі і недосконалістю правових норм в галузі, які ускладнюють залучення інвестицій для інноваційного розвитку;

- організаційні обмеження, до яких належать брак інформації про нові рішення, дефіцит кваліфікованих працівників і відсутність мотивації співпрацювати з дослідницькими установами;

- соціально-психологічні бар'єри, що проявляються у небажанні керівників чи управлінських структур адаптувати інновації через страх брати відповідальність за нестандартні рішення або через авторитарний стиль менеджменту.

Усі ці фактори створюють серйозні виклики для інноваційного розвитку аграрної сфери та вимагають комплексного підходу до їх подолання.

Одночасно вагомим є вплив позитивних факторів, які стимулюють розвиток інноваційного потенціалу аграрних підприємств. Зокрема, слід виділити високий рівень попиту на агропромислову продукцію, що забезпечує їй високу ліквідність і створює умови для успішного впровадження інноваційних інвестицій. Крім того, варто відзначити певні позитивні тенденції в інноваційних процесах, які спостерігалися в аграрному секторі економіки останніми роками.

На рівні товаровиробників інноваційний процес охоплює низку ключових етапів. Першим з них є планування інноваційної діяльності, яке включає визначення завдань, аналіз ресурсів і ринкових можливостей, вибір найбільш ефективних розробок, а також розрахунок необхідного фінансування. Наступним кроком є впровадження інновацій, що передбачає залучення фінансових ресурсів, закріплення відповідальних осіб за реалізацію окремих заходів та забезпечення оперативного освоєння нововведень. Термін впровадження інновацій виступає одним із ключових критеріїв їх успішності.

Інноваційний розвиток сільськогосподарських товаровиробників, як і всього аграрного сектору, не можливий без належної державної підтримки. Держава володіє достатніми ресурсами та має створювати умови для стимулювання інноваційної діяльності. Це здійснюється через нормативно-правове врегулювання, контроль і заохочення аграрного виробництва, включаючи його інноваційні складові, з використанням фінансових механізмів.

Державна інноваційна політика покликана формувати соціально-економічні, організаційні та правові умови для ефективного використання науково-технічного потенціалу країни. Вона також спрямована на впровадження сучасних екологічно безпечних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, виробництво нових конкурентоспроможних продуктів.

Таким чином, для прогресивного розвитку вітчизняних аграрних підприємств необхідно впроваджувати різноманітні інновації, враховуючи особливості їхньої діяльності. Інноваційна діяльність кожного господарства має

свої специфічні риси, обумовлені технологічними, організаційними та управлінськими особливостями. Державна підтримка цього процесу повинна бути ключовою складовою економічної політики України. Її напрями й обсяги мають коригуватися відповідно до пріоритетів суспільства й викликів часу.

Список використаних джерел:

1. Могильна Л. М. Особливості розвитку та активізації агроінновацій сільськогосподарськими підприємствами. *Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка*. 2017. Т. 22. Вип. 12. С. 91-95.
2. Тимофієва Г. Інноваційна складова конкурентних переваг аграрних підприємств на світовому аграрному ринку. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Сер.: Економічні науки*. 2013. Вип. 34(1). С. 113-116.
3. Мартинюк М. А., Ратошнюк Т. М. Інновації в сільському господарстві. *Наука й економіка*. 2014. Вип. 2. С. 94-98.
4. Шабан К. С., Зозульов О. В. Класифікація інновацій підприємств, що входять до міжорганізаційних об'єднань. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2016. № 13. С. 493-500.
5. Сус Т. Й. Фінансово-організаційні проблеми розвитку агроінновацій: національний і регіональний аспекти. *Регіональна економіка*. 2016. № 3. С. 135-141.

УДК 330.34

ПЕРЕХІД СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ НА ЗАСАДИ СТАЛОГО ПІСЛЯВОЄННОГО РОЗВИТКУ

Ісаєвський А.В., здобувач вищої освіти ОС «доктор філософії»

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Узагальнено базові основи сталого розвитку у вітчизняній практиці; проаналізовано теоретико-практичні аспекти сталого розвитку у сільському господарстві; проаналізовано результативну складову сталого розвитку аграрного сектора країни; опрацьовано шляхи переходу сільського господарства України на засади сталого розвитку.

Сталий розвиток будь-якої економічної системи не обмежується лише впровадженням економічних змін у межах підприємств, регіонів чи держави. Він передбачає збалансований соціально-еколого-економічний прогрес, який в перспективі має забезпечити синергетичний ефект. Такий розвиток базується на рівновазі трьох ключових компонентів: соціального, економічного та екологічного. Жодне явище, таке як екологічна деградація, порушення людського права на гідність через бідність чи інші загрози, а також державне чи корпоративне банкрутство, не може розглядатися як прийнятний елемент сталого розвитку [1].

Ідея сталого розвитку стала об'єктом масштабних досліджень у багатьох

наукових працях українських учених. А. Філіпенко [2] акцентував увагу на сталому економічному розвитку як глобальній потребі сучасності, В. Будкін [3] досліджував методологічні аспекти формування єдиного економічного простору, а Б. Данилишин [4] розглядав екологічну складову політики сталого розвитку. Д. Лук'яненко [5] аналізував стратегії економічного розвитку в умовах глобалізації.

ФАО дотримується п'яти основних принципів, які забезпечують баланс між соціальними, економічними та екологічними аспектами сталого розвитку:

1. Підвищення ефективності використання ресурсів.
2. Збереження, захист та покращення природних екосистем.
3. Захист і поліпшення життєвих умов та соціального добробуту сільських громад.
4. Збільшення стійкості людей, громад та екосистем.
5. Сприяння ефективному управлінню як природними, так і людськими системами [6].

Виробництво продукції сільського господарства та його економічна ефективність мають визначальне значення для забезпечення населення країни продовольчими ресурсами. Збереження цілісності й раціональне використання земельних ресурсів є фундаментальною передумовою ефективного ведення сільськогосподарської діяльності.

Середня площа одного господарства в Україні зросла з 530 га у 2021 р. до 579 га у 2024 р. або на 9,3 %. Значно скоротилась питома вага господарств, що мали у користуванні до 10 га – з 9,1 до 4,8 %; натомість питома вага сільськогосподарських підприємств з площею від 100 до 500 га зросла на 4,2 % і становила у 2024 р. 28,0 %; це найбільш чисельна група господарств у цьому році.

За нашими розрахунками 8,5 % господарств із площею більше 1000 га зернових і зернобобових культур виробляють 62,5 % зерна; 3,5 % підприємств-виробників сої забезпечили 46,6 % валового збору цієї культури, а 4,7 % виробників соняшнику – виростити 40,0 % продукції.

Слід відмітити наявність чітких тенденцій підвищення урожайності зернових культур, сої та соняшника із збільшенням площ їх вирощування. Так, урожайність зернових у групі більше 3000 га перевищує показник підприємств до 100 га на 45,2 %; урожайність сої у групі більше 2000 га вище за показник господарств з площею до 100 га – на 30,3 %; соняшника – на 24,5 %.

За період 2010 – 2021 рр. має місце тенденція збільшення обсягу внесення мінеральних добрив господарствами нашої країни; з 2022 р. показники дещо скоротились, що в першу чергу пов'язано з окупацією частини території, проте у 2024 р. масштаби внесення мінеральних добрив вищі у порівнянні з 2010 р. на 64,4 %. У 2024 р. частка площ, оброблених мінеральними добривами скоротилась у порівнянні з 2010 р. на 4,0, а у порівнянні з 2020 р. – на 22,8 %.

Обсяг внесення органічних добрив у сільському господарстві країни зріс за період нашого дослідження на 36,2 %. Дози внесення хоч і залишаються незначними, проте також зросли у 2024 р. у порівнянні з 2020 р. на 38,1 і у

порівнянні з 2020 р. – на 18,9 %. Вдвічі зросли площі, удобрені органікою, а їх частка – виросла на 2,0 %.

У 2024 р. дози внесення пестицидів з розрахунку на 1 га посівної площі зросли на 10,1 %, а з розрахунку на 1 га обробленої площі – на 6,0 %. В найбільшій мірі збільшились дози їх використання при виробництві овочів – на 50,3 %, ріпаку та кукурудзи – на 10,8 і 10,7 % відповідно. Серед препаратів найбільший приріст спостерігався при використанні інсектицидів – на 21,1 %.

У 2022 р. у порівнянні з 2020 р. кількість працівників у сільськогосподарському виробництві скоротилась на 5,8 тис осіб, що становить 1,8 %, проте у порівнянні з 2021 р. – зросла на 12 тис. осіб або 3,9 %. Слід відміти, що темпи скорочення досліджуваного показника у сільському господарстві нижчі, ніж у промисловості на 3,2 %, транспорті – на 3,9 % та по економіці в цілому – на 2,7 %. За досліджуваний період частка робітників галузі виросла з 4,3 до 4,5 %.

Темпи приросту заробітної плати у сільському господарстві дещо поступаються показнику по економіці в цілому – на 4,2 % і становлять 81,1 % протягом останніх п'яти років. Негативною тенденцією є те, що у 2020 р. розмір оплати праці в сільському господарстві становив 84,0 % від середньої по економіці, а у 2024 р. – лише 82,1 %.

У 2021 році у порівнянні з 2015 р. чисельність господарств скоротилась на 6,1 тис. од. або на 13,4 %. Дохід від реалізації сільськогосподарської продукції і валова додана вартість виросли за цей період у 2,5 рази. Вартість валової продукції галузі зросла на 31,3 % порівняно з 2015 роком.

Значним також є приріст вартості необоротних активів аграрних підприємств – у 2,8 рази, а обсяг капітальних інвестицій зріс у 2,3 рази. Розмір сільськогосподарських угідь в Україні мав тенденцію до скорочення. Прибуток до оподаткування підприємств за весь досліджуваний період зріс у 2,3 рази й досяг у 2021 р. позначки у 238,5 млрд грн.

Протягом 2012-2020 рр. найбільш прибутковими культурами в нашій країні залишаються соняшник і зернові культури, тоді як найбільш збитковими є виноград і цукрові буряки. Серед видів продукції тваринництва слід відзначити рентабельне виробництво молока і м'яса свиней, яке мало місце впродовж всього досліджуваного періоду.

Дослідивши проблеми сталого розвитку, ми прийшли до висновку, що у глобальній практиці сільського господарства відбувається поступове зміщення акцентів. Основна увага приділяється не лише збільшенню обсягів виробництва аграрної продукції, а й забезпеченню її високої якості, різноманітності та доступності.

Для переходу галузі на принципи сталого розвитку слід здійснити наступні заходи:

1. Державна підтримка малого аграрного бізнесу в Україні.
2. Розробка напрямів сталого розвитку сільського господарства.

3. Впровадження концепції інтелектуального сільського господарства, що базується на використанні природних та біологічних факторів і

підпорядковується законам розвитку живої природи «Farming 4.0».

Одним із ключових викликів для забезпечення сталого розвитку сільського господарства через впровадження диверсифікованих аграрних систем є досягнення оптимального балансу між задоволенням виробничих потреб та збереженням довкілля.

Список використаних джерел:

1. Kanter D. R., Musumba M., Wood S. L. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 163. P. 73-88.
2. Філіпенко А. С. Глобальні форми економічного розвитку: історія та сучасність. Київ: Знання, 2007. 607 с.
3. Будкін В. С. Методологічні аспекти функціонування Єдиного економічного простору. Світовий досвід удосконалення зовнішньоекономічної діяльності в контексті концепції сталого розвитку. Відділ зовнішньоекономічних досліджень ІСЕМВ НАН України. Наукова конференція, 18 жовтня 2012 року. Київ. 2012. С. 3-5.
4. Данилишин Б. М. Екологічна складова політики сталого розвитку. Донецьк: Юго-Восток, 2008. 256 с.
5. Лук'яненко Д. Г. Стратегії економічного розвитку в умовах глобалізації: Монографія. Київ: КНЕУ, 2001. 538 с.
6. Building a common vision for sustainable food and agriculture: principles and approaches. 2014. URL : <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf>.

УДК 332.2:711.5:631:11

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ

Романашенко М.О. аспірантка

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою досліджень є проблемні питання економічного обґрунтування і ефективності організації території сільськогосподарських підприємств. Встановлено ефект організації території в залежності від ролі землі і використанні її властивостей при виробництві суспільно необхідного продукту, де земля виступає як просторовий базис і головний засіб виробництва та при виконанні окремих виробничих процесів, де земля є предметом праці або просторовим операційним базисом.

Організація раціонального використання сільськогосподарських земель на підприємствах передбачає вирішення великої кількості технологічних, організаційно-господарських, соціально-економічних, організаційно-територіальних та інших питань, які знаходяться між собою в тісному взаємозв'язку. Будь-яке підприємство являє собою багаторівневу динамічну систему, що знаходиться під впливом численних природних і економічних умов. Тому організація сільськогосподарського виробництва і території повинна

здійснюватися на основі комплексних проектів у відповідності до науково-обґрунтованого землеустрою.

Процес виробництва в сільськогосподарському підприємстві здійснюється перш за все в різних його сферах і може диференціюватися на окремі галузі виробництва, або їх сукупність, і самостійні виробничі процеси, операції (сівба, догляд за посівами, збирання врожаю). Кожній складовій частини виробництва відповідає своя форма земельного устрою: виробництву в цілому - його землекористування; галузі або сукупності галузей - земельний масив виробничого підрозділу або сівозміна; окремому процесу - поле, робоча ділянку. Рівень виробництва визначає відповідну йому інфраструктуру (виробничу і соціальну), в якій головне місце належить засобам виробництва, нерозривно пов'язаних із землею (дороги, канали, водні споруди).

При цьому основний ефект внутрішньогосподарської організації полягає:

- при розміщенні виробничих підрозділів, господарських центрів і магістральних доріг, у зниженні щорічних витрат виробництва і різного роду втрат (під забудову, будівництво доріг та ін);
- при організації угідь і організації сівозмін, у прирості чистого доходу;
- при влаштуванні території сівозмін, багаторічних насаджень та кормових угідь, в економії витрат на виконання виробничих процесів і запобіганні втрат виробництва (за рахунок зменшення площ під поворотними смугами, залишковими трикутниками).

Відповідно до такої диференціації економічного ефекту землеустрою пропонується розраховувати ефективність капіталовкладень на створення елементів виробничої і соціальної інфраструктури відповідного господарського рівня. При трансформації угідь витрачені капіталовкладення окупаються приростами чистого доходу з освоєних або більш інтенсивно використовуваних земель, а при влаштуванні території сівозмін капіталовкладення на будівництво польових станів, доріг окупаються за рахунок економії виробничих витрат та раціонального землекористування [1].

Раціональне землекористування означає максимальне залучення до господарського обігу всіх земель та їх ефективне використання за основним цільовим призначенням, створення найсприятливіших умов для високої продуктивності сільськогосподарських угідь і одержання на одиницю площі максимальної кількості продукції за найменших витрат праці та коштів [2].

Організація території кожного окремого сільськогосподарського підприємства визначається проектами внутрішньогосподарського землеустрою на науковій основі, в яких формувалися заходи з забезпечення охорони земель і їх раціонального використання, підвищення економічної продуктивності ґрунтів та формувалися види і типи сівозмін.

При правильній територіальній організації виробничих процесів скорочуються втрати продукції. Це відбувається внаслідок зменшення площ необробленої землі і недосіву, проведення робіт в кращі агротехнічні терміни та ін. За своїм економічним змістом дані втрати рівнозначні приростам продукції і не пов'язані з капіталовкладеннями. У зв'язку з тим, що у процесі виробництва

сільськогосподарської продукції беруть участь різні ресурси: трудові, земля, сільськогосподарська техніка, основне завдання землеустрою полягає в тому, щоб створити найкращі умови для використання цих ресурсів і пов'язати їх організацію. Тому при проектуванні сівозмін необхідно розрахувати показники, що характеризують ефективність використання землі, сільськогосподарської техніки і трудових ресурсів, і встановити їх роль у формуванні вартості продукції землеробства.

Відмінності природних і економічних умов господарств знаходять своє відображення в результатах і економічних показниках діяльності сільськогосподарських підприємств. Територіальні властивості земель (віддаленість від господарських центрів, величина і конфігурація контурів ріллі) впливають на витрати по вирощуванню сільськогосподарських культур. Тому при економічному обґрунтуванні організації сівозмін необхідно провести розрахунок і цього показника.

Територіальні властивості земель (віддаленість від господарських центрів, величина і конфігурація контурів ріллі) впливають на витрати по вирощуванню сільськогосподарських культур. Тому при економічному обґрунтуванні організації сівозмін необхідно провести розрахунок і цього показника. У ґрунтах України прослідковується негативна тенденція різкого зниження рівня гумусу (щорічне зниження на 0,5 – 0,6 тони з га). Щорічні втрати гумусу через мінералізацію та ерозію ґрунтів складають 32– 33 млн т, приносять більше 10 млрд грн збитків. До цього негативу додалися процеси виснаження ґрунтів через інтенсивне використання орних земель при відсутності сівозмін (менше 25% господарств дотримуються сівозмін) [3]. Розрахунковий баланс гумусу в ґрунті на рік освоєння проекту внутрішньогосподарського землеустрою щодо сівозміни складається з його витрат і приходу. Загальний баланс гумусу, що складається за весь період ротації сівозміни, визначають як середньозважену величину в залежності від площ, займаних культурами в цій сівозміні. Розраховані величини балансу гумусу за різними варіантами проекрованої системи сівозмін дозволять оцінювати умови відтворення родючості ґрунтів.

При винесенні з ґрунту 1 т гумусу для підтримки його бездефіцитного балансу необхідно внести в середньому 10 т гною. Якщо вважати, що 1 т гною коштує 600 грн, а приріст чистого доходу за рахунок дії органічних добрив становить у середньому 1100 грн, то втрата 10 т гною обійдеться господарству в 1650 грн. Цими величинами можна користуватися при вартісній оцінці умов відтворення родючості ґрунтів.

Висновок

Пропонована методика може бути використана при економічному аналізі і порівнянні варіантів структури посівних площ та обґрунтуванні трансформації угідь. В зоні достатнього зволоження використання післяжнивної культури на зелене добриво доцільно запроваджувати під час вирощування просапних культур (цукрові буряки, картопля, кукурудза).

Розрахунок вартості валової продукції рільництва з метою зіставлення варіантів проектування сівозмін необхідно проводити на один і той же рівень

інтенсифікації сільськогосподарського виробництва (однакові площі меліорації ріллі, системи добрив, насінництва, технічна оснащеність та ін.). У цьому випадку врожайність сільськогосподарських культур як складова розрахунку вартості валової продукції буде залежати від різного розміщення культур по ґрунтах господарства і від попередників у сівозміні.

Список використаних джерел

1. В.В. Лаврук, Н.В. Покотильська. Економічне обґрунтування і ефективність організації території сільськогосподарських підприємств. /Лаврук В.В., Покотильська Н.В. // Економіка та держава: збірник наукових статей / ПДАТУ, 2018 — № 11. — С. 4—7.
2. Деякі інституціональні аспекти земельних відносин в Україні: стан та напрями вдосконалення: [наук.видання] / НАН України, РВПС України / [І.К. Бистряков, О.С. Новоторов, Т.С. Ніколаєнко та ін.]. — К., 2002. — 134 с.
3. Третяк А.М. Стратегія реформування земельної політики в Україні на сучасному етапі // Землевпорядний вісник. — 2009. — № 6. — С. 12—20.

УДК 620.91:330.34

ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Бабан Т.О., к.е.н., доц., Сенчук В.І., здобувач РВО магістр

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є розгляд основних напрямків розвитку альтернативних енергетичних та біоенергетичних систем у сільській місцевості, переваг, вигод та можливих соціально-економічних та екологічних наслідків, зокрема тих, що сприятимуть досягненню визначених Цілей сталого розвитку; визначення проблем розвитку енергетичних громад у сільській місцевості.

Сільські території є невід'ємною частиною розвитку спільноти відновлюваної енергетики, особливо завдяки багатим природним ресурсам і сільськогосподарському потенціалу. Добре підходячи для розвитку альтернативних енергетичних та біоенергетичних систем у сільській місцевості, вони забезпечують як чисту енергію, так і рішення для сталого управління сільськогосподарськими відходами та пом'якшення наслідків зміни клімату [1]. Ці регіони часто мають багаті природні ресурси, наприклад, сонячну, вітрову та біомасу, які можуть бути використані для виробництва енергії. Різні форми біоенергії, такі як біогаз, біометан та біодизель, отримують з органічних матеріалів, наприклад, сільськогосподарських відходів, стічних вод тваринництва, гною та побічних продуктів лісництва [2]. Ці біоджерела енергії можуть використовуватися на місцевому рівні для задоволення енергетичних потреб фермерських господарств, а також можуть бути інтегровані в національні

мережі, тим самим підтримуючи доступ до енергії та сталий розвиток як на місцевому, так і на віддаленому рівні.

Сільські громади можуть співпрацювати між собою створюючи енергетичні спільноти для стимулювання енергетичного переходу в сільській місцевості. Енергетичні спільноти – це юридичні особи, створені для надання можливості громадянам, малому бізнесу та місцевим органам влади спільно виробляти, управляти та споживати енергію. Енергетичні співтовариства в першу чергу поділяються на Громади відновлюваної енергетики (Renewable Energy Communities (RECs)) та Громади громадянської енергетики (Citizen Energy Communities (CECs)). RECs зосереджуються на відновлюваних джерелах енергії, таких як сонце, вітер та біомаса в межах локалізованої території, сприяючи сталому виробництву енергії та місцевій стійкості [3]. CECs охоплюють різноманітні енергетичні рішення, акцентуючи увагу на місцевій відповідальності та участі в енергетичних проєктах, а також підвищуючи гнучкість мережі [4].

Сільські енергетичні громади пропонують низку переваг, що охоплюють екологічні, економічні, соціальні та показники енергоефективності енергосистеми. Сприяння місцевому виробництву відновлюваної енергії значною мірою сприяє скороченню викидів CO₂, стимулюванню місцевої економіки та покращенню інфраструктури. Може зменшитись залежність від викопного палива та вплив виробництва енергії на навколишнє середовище. Члени енергетичних спільнот можуть отримати фінансові стимули, включаючи субсидії та сприятливу політику. Додатковими перевагами можуть бути економія коштів на рахунках за електроенергію, створення нових робочих місць, зменшення втрат енергії завдяки місцевому виробництву та розподілу, що буде підвищувати ефективність та надійність енергетичної мережі. Енергетичні спільноти сприяють соціальній згуртованості, залучаючи всіх членів, включаючи тих, хто не може створити приватні системи відновлюваної енергетики [5].

Перевагами енергетичних співтовариств є: екологічні переваги (скорочення викидів CO₂ та зменшення залежності від невідновлюваних джерел); економічні вигоди (економія коштів та повернення інвестицій); енергетична ефективність мережі (покращення ефективності мережі та управління за допомогою енергетичних проєктів на рівні громад (аккумуляторні батареї та точки зарядки електромобілів підвищують надійність мережі та зменшують пікові потреби в електроенергії)); соціальні переваги (підвищення залученості громади та соціальна згуртованість).

Вигоди, які можуть отримати громади: технологічні інновації (передові відновлювальні технології та інтеграція інтелектуальних мереж); дотримання нормативних вимог та підтримка; стійкість/адаптивність та масштабованість/відтворюваність [6].

Соціально-економічні та екологічні наслідки є глибокими, вони відкривають значні соціально-економічні вигоди та сприяють досягненню таких Цілей сталого розвитку: стимулювання трансформаційного прогресу в

скороченні енергетичної бідності (ЦСР7); підсектор автономних відновлюваних джерел енергії підтримує дії щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них (ЦСР13), одночасно отримуючи наскрізні вигоди в різних секторах; зрошення та переробка на сонячних батареях підвищують продуктивність сільського господарства, забезпечуючи продовольчу безпеку (ЦСР2); ці системи розширюють можливості жінок через підприємництво, сприяючи гендерній рівності (ЦСР5); сприяють забезпеченню стійкого, інклюзивного економічного зростання через діяльність, що генерує дохід (ЦСР8); даючи можливість розвивати підприємництво та отримувати при цьому дохід, сприяють зменшенню бідності (ЦСР1). Крім того, відновлювана енергія поза мережею покращує надання медичної допомоги (ЦСР3), забезпечуючи надійну електроенергію для освітлення медичних установ, охолодження вакцин та життєво важливого медичного обладнання. Автономні рішення також збільшують доступ до чистої води та санітарії (ЦСР6). Завдяки освітленню та електриці студенти у віддалених районах можуть продовжити час навчання. Вони також можуть отримати доступ до цифрового навчання та покращити якість освіти (ЦСР4) за підтримки сталої енергетики [7]. Все це є актуальним для України в умовах війни, можливих перебоїв з електроенергією у зв'язку з пошкодженнями енергетичної інфраструктури.

Але разом з перевагами та вигодами є проблеми розвитку енергетичних громад у сільській місцевості: економічні та фінансові виклики; технічні та інфраструктурні виклики; політичні та регуляторні виклики; соціальні, культурні виклики та виклики участі.

Вирішення цих проблем може перетворити їх на драйвери для розвитку сільських енергетичних громад.

Приклади різних країн у розвитку сталої енергетики є дуже актуальними для України. Це і розвиток енергетичної незалежності та спроможності віддалених сільських громад, а також вирішення енергетичних проблем із-за військових дій.

Висновок

Ключовими рушійними силами розвитку сільських енергетичних громад є адаптивність, масштабованість та технологічні інновації, що суттєво впливають на екологічні, економічні, соціальні та енергоефективні переваги. Акцент на передових технологіях, таких як штучний інтелект, для підвищення стійкості та зосередження на соціальній взаємодії в різноманітних громадах підтримуватиме їхній сталий розвиток.

Список використаних джерел

1. Quirapas Franco M.A.J., Taeihagh A. Sustainable energy adoption in poor rural areas: a comparative case perspective from the Philippines. *Energy for Sustainable Development*. 2024. Vol. 79. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101389>
2. Sokolnikova P., Lombardi P., Arendarski B., Suslov K., Pantaleo A.M., Kranhold M., Komarnicki P. Net-zero multi-energy systems for Siberian rural communities: a methodology to size thermal and electric storage units. *Renewable*

Energy. 2020. Vol. 155. pp. 979-989.

3. González A., Arranz-Piera P., Olives B., Ivancic A., Pagà C., Cortina M. Thermal energy community-based multi-dimensional business model framework and critical success factors investigation in the mediterranean region of the EU. Technology in Society. November 2023. Vol. 75. 102328. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102328>

4. Jasiński J., Kozakiewicz M., Sołtysik M. Analysis of the economic soundness and viability of migrating from net billing to net metering using energy cooperatives. Energies. 2024. Vol. 17 (6). <https://doi.org/10.3390/en17061330>

5. Martens K. Investigating subnational success conditions to foster renewable energy community cooperatives. Energy Policy. 2022. Vol. 162. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112796>

6. Zhan Shi, Feihong Liang, Andrea Pezzuolo. Renewable energy communities in rural areas: A comprehensive overview of current development, challenges, and emerging trends. Journal of Cleaner Production. 2024. Vol. 484. 144336. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144336>

7. Tripling off-grid renewables is a catalyst for sustainable development in rural communities. Irena. International Renewable Energy Agency. 24 February 2025. <https://www.irena.org/News/articles/2025/Feb/>

УДК 330.131

АНАЛІЗ БЕЗЗБИТКОВОСТІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРА

Орел А.Д., здобувачка ОС «бакалавр»; Мещеряков В. Є., к.е.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Метою дослідження є оцінка можливості застосування аналізу беззбитковості та CVP-аналізу в управлінні витратами аграрних підприємств, а також формування пропозицій щодо підвищення їх ефективності. В роботі розглянуто теоретичні аспекти аналізу беззбитковості, особливості його застосування в аграрному секторі та запропоновано практичні інструменти підвищення економічної ефективності підприємств.

Аналіз беззбитковості є одним із ключових елементів системи управління витратами підприємства. Він дозволяє визначити обсяг реалізації, при якому доходи повністю покривають змінні та постійні витрати, не утворюючи прибутку чи збитку. Беззбитковість розглядається як стан фінансової рівноваги підприємства, коли виручка дорівнює сукупним витратам, що підкреслює її значення для планування економічних результатів діяльності. Такий аналіз дозволяє менеджерам оцінити фінансову стійкість підприємства, своєчасно виявляти потенційні ризики збитковості та розробляти стратегії управління витратами.

Методика аналізу беззбитковості, або CVP-аналіз (Cost–Volume–Profit), дає змогу оцінити вплив змін обсягів виробництва, ціни продукції та структури

витрат на фінансовий результат підприємства. Цей інструмент допомагає визначати критичні точки рентабельності, оцінювати фінансові ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо ціноутворення, планування виробництва та контролю витрат [1; 2; 3]. Зокрема, CVP-аналіз дозволяє змодельовувати різні сценарії розвитку подій, оцінити ефект від підвищення або зниження цін, зміни обсягів продажу чи коливання змінних витрат, що є особливо важливим для підприємств аграрного сектора з його сезонною динамікою виробництва.

Практичне застосування аналізу беззбитковості сприяє прогнозуванню фінансових результатів та оптимізації структури витрат підприємств. Особливо актуальним цей метод є у сезонних галузях або при нестабільних ринкових умовах, оскільки він дозволяє визначити мінімальний обсяг реалізації для уникнення збитків, а також ефективно планувати виробничі та фінансові ресурси [1; 4, с. 110]. Додатково, застосування CVP-аналізу підвищує прозорість внутрішніх фінансових процесів, забезпечує обґрунтованість управлінських рішень та сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрних підприємств на ринку.

Разом із тим застосування CVP-аналізу в аграрному секторі має низку особливостей, зумовлених сезонністю, нестабільністю цін, коливаннями витрат на ресурси та високою залежністю від зовнішніх факторів ризику, таких як погодні умови та ринкова кон'юнктура. Тому традиційна модель беззбитковості потребує адаптації та доповнення аналітичними інструментами управління ризиками.

Пропозиції щодо вдосконалення застосування аналізу беззбитковості на аграрних підприємствах можна зосередити на кількох напрямках. Перш за все, доцільно застосовувати багатофакторні моделі беззбитковості, які враховують сезонні коливання витрат та обсягів виробництва, що характерно для більшості аграрних виробництв. Такі моделі дозволяють точніше прогнозувати фінансові результати та зменшувати невизначеність.

Ефективним інструментом є поєднання CVP-аналізу з механізмами аграрного ризик-менеджменту, зокрема страхуванням урожаю та сценарним моделюванням можливих змін ринкової кон'юнктури. Використання технологічних карт виробництва дозволяє точніше поділяти витрати на змінні та постійні, а також коректніше розраховувати ключові параметри беззбитковості. Крім того, цифрові інструменти, такі як ERP-системи та системи оперативного обліку, забезпечують своєчасне оновлення фактичних даних і підвищують точність управлінських рішень.

Важливе значення має врахування альтернативної вартості залучених ресурсів – землі, техніки та робочої сили. Це дозволяє оцінити запас фінансової міцності підприємства та сформулювати більш обґрунтовану виробничо-фінансову стратегію, що включає можливість швидкої адаптації до змін ринкової ситуації.

Таким чином, комплексне застосування аналізу беззбитковості та CVP-аналізу на аграрних підприємствах сприяє підвищенню економічної ефективності, своєчасній ідентифікації ризиків, оптимізації витрат і плануванню

прибуткових обсягів виробництва. Запровадження багатофакторних моделей, інтеграція з ризик-менеджментом, використання технологічних карт і цифрових систем дозволяють підприємствам аграрного сектору ефективно реагувати на сезонні та ринкові коливання, підвищуючи стратегічну стійкість і конкурентоздатність.

Висновок

У результаті впровадження зазначених заходів аналіз беззбитковості стає ефективним інструментом стратегічного планування, що дозволяє своєчасно виявляти ризики зниження прибутковості, підвищує точність управлінських рішень і зміцнює економічну позицію аграрних підприємств на ринку. Застосування багатофакторних моделей і цифрових інструментів дозволяє забезпечити адаптацію традиційних методик до особливостей аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. Лещенко В. П. Методи економічного аналізу підприємства. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 256 с.
2. Ковальчук О. В. Економічний аналіз: навчальний посібник. Київ: КНЕУ, 2015. 320 с.
3. Horngren C. T., Sundem G. L., Stratton W. O. Introduction to Management Accounting. Pearson, 2013. 600 p.
4. Drury C. Management and Cost Accounting. Cengage, 2018. 750 p.

УДК 65.011.46:330.15

ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ПІДХОДІВ У СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ

**Овчаренко М.В. здобувач вищої освіти другого рівня,
Кравченко Ю.М., к.е.н., доцент**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розкрито сутність сталого розвитку підприємств, обґрунтовано необхідність поєднання екологічних та економічних підходів. Визначено економічні переваги впровадження екологічних технологій та ключові бар'єри сталого розвитку підприємств.

Сучасні умови функціонування підприємств характеризуються зростанням екологічних ризиків, вимогами щодо відповідального використання ресурсів та необхідністю адаптації до глобальних викликів. Відповідно, модель сталого розвитку, яка передбачає збалансоване поєднання економічних, екологічних та соціальних пріоритетів, набуває статусу домінуючої парадигми управління. Для підприємств це означає необхідність переорієнтації виробничих процесів з урахуванням принципів ресурсоефективності, екологічної безпеки та довгострокової економічної стійкості.

Глобальні цілі сталого розвитку (ЦСР), проголошені ООН у 2015 році, є універсальним планом дій для досягнення сталого економічного, соціального та екологічного розвитку. Вони були визначені у рамках «Програми сталого розвитку до 2030 року» і складаються з 17 цілей, які охоплюють широкий спектр аспектів, таких як боротьба з бідністю, забезпечення рівності, охорона навколишнього середовища та зміцнення міжнародної співпраці [1].

Сталий розвиток підприємства охоплює три взаємопов'язані компоненти: економічну, екологічну та соціальну. Економічна складова передбачає підвищення ефективності діяльності, рентабельності виробництва та конкурентоспроможності. Екологічна складова спрямована на зменшення негативного впливу виробництва на природне середовище, оптимізацію використання ресурсів та впровадження інноваційних «зелених» технологій. Взаємодія цих елементів дозволяє підприємству не лише задовольняти поточні потреби, але й забезпечувати стійкість розвитку у довгостроковій перспективі.

Впровадження екологічних технологій забезпечує значні економічні вигоди. По-перше, раціональне використання енергетичних, водних та матеріальних ресурсів сприяє зниженню операційних витрат. По-друге, технології зменшення кількості відходів і впровадження систем їх вторинної переробки скорочують витрати на утилізацію та логістику. По-третє, підприємства, що впроваджують екологічні стандарти та сертифікацію, отримують доступ до нових ринків збуту, зокрема європейського, який висуває жорсткі вимоги до екологічності продукції.

Методичні підходи щодо оцінювання сталого розвитку підприємства відрізняються різними принципами щодо вибору показників та їх групування: моделі, що ґрунтуються на BSC-підході; динамічні моделі; моделі, що ґрунтуються на циклі Демінга (PDCA); моделі, що ґрунтуються на трьох компонентах сталості; моделі стійкого створення вартості; інтегральні моделі; цільові моделі; факторні моделі [2].

Важливим економічним інструментом сталого розвитку є впровадження систем екологічного менеджменту (зокрема ISO 14001), які підвищують ефективність управління природоохоронною діяльністю та сприяють зниженню ризиків, пов'язаних з екологічними порушеннями. Значну роль відіграють також інвестиційні механізми оцінювання екологічних проектів, включаючи аналіз окупності, NPV та IRR, що дає змогу приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо модернізації виробництва.

Стратегія сталого розвитку підприємств в умовах євроінтеграції є комплексним процесом, що вимагає всебічного підходу та інтеграції інноваційних рішень. Виконання вимог та стандартів ЄС, впровадження новітніх технологій, залучення фінансових ресурсів і розвиток корпоративної соціальної відповідальності сприятиме не лише екологічному та соціальному благополуччю, але дотримуватися стандартів ЄС, впроваджувати інноваційні технології, залучати різні фінансові механізми та активно розвивати корпоративну соціальну відповідальність. Впровадження стандартів, таких як

ISO 14001 і ISO 50001, забезпечує відповідальне використання ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [3].

Водночас підприємства стикаються з низкою бар'єрів на шляху до впровадження сталих практик. Основними з них є висока вартість інвестицій у модернізацію, недостатній рівень екологічної компетентності персоналу, обмежений доступ до довгострокових фінансових ресурсів, низький рівень державної підтримки. Подолання цих бар'єрів потребує комплексного підходу: удосконалення державної екологічної політики, запровадження податкових стимулів, активізації участі міжнародних фінансових інституцій та розвитку державних програм енергоефективності.

Досвід країн Європейського Союзу демонструє, що державні стимули — такі як податкові пільги, компенсації частини вартості екотехнологій, грантові програми та кредитування під низькі відсотки — є важливими чинниками успішності екологізації виробництва. Для України адаптація таких практик є вагомим кроком на шляху до інтеграції у європейський економічний простір та формування конкурентоспроможних підприємств.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що поєднання екологічних та економічних підходів є ключовою умовою сталого розвитку підприємств. Екологічні інновації забезпечують підвищення ефективності використання ресурсів, зниження витрат, формування нових конкурентних переваг та зміцнення ринкових позицій. В умовах глобальних викликів і зростання ролі екологічних критеріїв у діяльності бізнесу такі підходи є не лише корисними, а й необхідними для забезпечення стабільного розвитку підприємств у майбутньому.

Список використаних джерел

1. Онікієнко Н.В. Управлінські стратегії для досягнення глобальних цілей сталого розвитку: роль менеджменту в реалізації глобальних ініціатив. Економічний простір. 2025. № 197. С. 100-106.
2. Худолей В.Ю., Карпенко О.О., Бірюков Є.І. Система оцінки та моніторингу сталого розвитку підприємства. Economic Synergy. 2025. Вип. 1. С. 8–25.
3. Л. А. Некрасова. Формування стратегії сталого розвитку підприємства в контексті євроінтеграційних процесів. Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. 2024. № 12. С.60-65.
4. Онегіна В.М., Вітковський Ю.П., Кравченко Ю.М. Фінансове забезпечення у стратегічному управлінні інноваційним розвитком. Актуальні проблеми інноваційної економіки. 2018. № 3. С. 74-80.
5. Кравченко Ю.М., Антощенкова В.В. Фактори сталого розвитку економіки аграрного сектору. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Сер. Економічні науки. 2019. Вип. 200. С. 174-183. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2019_200_20.
6. Онегіна В., Антощенкова В., Кравченко Ю. Сучасний стан та перспективи інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств, які спеціалізуються на виробництві продукції тваринництва. Український журнал

прикладної економіки. 2021. №2. С. 164-170. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2021-2-21>.

УДК 631.15:338.43

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ «ЗЕЛЕНИХ» ТЕХНОЛОГІЙ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЬОГОДЕННЯ

Кравченко Ю.М., к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розглянуто економічну ефективність, інвестиційні особливості та бар'єри впровадження «зелених» технологій на аграрних підприємствах. Визначено ключові напрями підвищення ефективності та обґрунтовано доцільність екологізації виробництва.

Сучасні тенденції розвитку аграрного сектору України зумовлені необхідністю поєднання економічної результативності та екологічної безпеки виробництва. Глобальні кліматичні зміни, погіршення стану ґрунтів та ресурсні обмеження актуалізують потребу впровадження інновацій, орієнтованих на раціональне використання природних ресурсів. У цьому контексті «зелені» технології виступають одним із ключових чинників забезпечення довгострокової конкурентоспроможності аграрних підприємств.

Дослідження концепції зеленої економіки як основи сталого розвитку привертають значну увагу серед науковців і практиків у сфері економіки, екології та управління. Зокрема, у світовій науковій спільноті базовим документом у цій галузі є доповідь Програми ООН з довкілля (UNEP) "Green Economy Report", яка окреслює основні принципи зеленої економіки, пов'язані зі зниженням негативного впливу на навколишнє природне середовище та раціональним використанням природних ресурсів [1].

Серед детермінант, що сприятимуть ефективному розвитку зеленої економіки в аграрному секторі України, варто виділити такі:

— інноваційні технології, котрі передбачають упровадження "розумного землеробства" ("смарт землеробство"), автоматизації процесів, систем моніторингу стану ґрунтів, водних ресурсів, біорізноманіття та кліматичних умов для оптимізації використання ресурсів тощо;

— органічне землеробство — важливий елемент переходу на екологічно чисті технології, що забезпечує збереження і відтворення агресурсів та мінімізує хімічне навантаження на навколишнє середовище, покращує якість життя людини;

— енергетична ефективність та відновлювані джерела енергії, що включає використання біоенергетичних установок, сонячних та вітрових електростанцій у сільськогосподарських процесах;

— державна фінансова підтримка, що передбачає створення стимулюючих механізмів для впровадження зелених ініціатив, які, зокрема, можуть включати цільове субсидування та пільгове кредитування аграрних виробників;

— модернізація і розвиток інфраструктури, що передбачає впровадження систем управління аграрними відходами та логістичних рішень для мінімізації транспортних витрат й екологічних ризиків;

— нормативно-правове регулювання, що потребує гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами для підтримки екологічно орієнтованих практик у контексті євроінтеграції України [2].

Необхідно зазначити, що серед технологічних факторів ключову роль відіграють інноваційні підходи підвищення ефективності використання природних ресурсів та інтеграції відновлюваних джерел енергії в сільськогосподарське виробництво. Як свідчить практика, саме застосування сучасних технологій дозволяє здійснювати оптимізацію аграрних процесів та підвищити економічну ефективність галузі. При цьому використання цифрових технологій, таких як точне землеробство, сприяє раціональному споживанню водних та земельних ресурсів. Зокрема, згідно з даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, впровадження систем моніторингу ґрунтів та погодних умов дозволяє зменшити споживання води на 20—30 % та підвищити врожайність на 10—15 % [3].

Інноваційні підходи сприяють також зниженню виробничих витрат та підвищенню конкурентоспроможності продукції на внутрішньому й зовнішніх ринках. Згідно з даними Міністерства економіки України, лише у 2022 р. аграрні підприємства, які впровадили енергоефективні технології, зменшили своє енергоспоживання на 15—20 %, що призвело до зниження собівартості їхньої продукції на 5—7 % [4].

Попри значні переваги, впровадження «зелених» технологій супроводжується низкою проблем: високі початкові інвестиції, недостатня поінформованість працівників, складнощі з отриманням довгострокового фінансування та ризики, пов'язані з нестабільністю зовнішнього середовища. Для подолання зазначених бар'єрів важливо розширити інструменти державної підтримки: надання пільгових кредитів, компенсацій вартості обладнання, розвиток програм підвищення кваліфікації та стимулювання виробництва екологічно сертифікованої продукції.

Узагальнюючи, екологізація аграрного виробництва є економічно доцільною та стратегічно важливою умовою сталого розвитку аграрного сектору. «Зелені» технології забезпечують скорочення витрат, підвищення продуктивності, формування конкурентних переваг та зниження екологічних ризиків. Посилення інноваційної активності та підтримка держави сприятимуть прискоренню переходу аграрних підприємств до ресурсоефективних моделей господарювання.

Список використаних джерел

1. Green economy. UN Environment Programme. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/green-economy> (дата звернення: 24.11.2025)
2. Дребот О. І., Дем'янюк О. С., Ключові детермінанти зеленої економіки для розвитку вітчизняного аграрного сектору. Економічна наука. Інвестиції: практика та досвід. 2025. № 2. С. 70-75.

3. Міністерство аграрної політики та продовольства України: веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: 24.11.2025).

4. Міністерство економіки України: веб-сайт. URL: <https://me.gov.ua/> (дата звернення: Міністерство економіки України: веб-сайт. URL: <https://me.gov.ua/> (дата звернення: 01.11.2024).

5. Онегіна В.М., Вітковський Ю.П., Кравченко Ю.М. Фінансове забезпечення у стратегічному управлінні інноваційним розвитком. Актуальні проблеми інноваційної економіки. 2018. № 3. С. 74-80.

6. Кравченко Ю.М., Антощенкова В.В. Фактори сталого розвитку економіки аграрного сектору. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Сер. Економічні науки. 2019. Вип. 200. С. 174-183. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2019_200_20.

7. Онегіна В., Антощенкова В., Кравченко Ю. Сучасний стан та перспективи інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств, які спеціалізуються на виробництві продукції тваринництва. Український журнал прикладної економіки. 2021. №2. С. 164-170. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2021-2-21>.

8. Антощенкова В.В., Кравченко Ю.М. Соціальна відповідальність держави у сфері забезпечення соціальних гарантій в Україні в умовах воєнного стану. Бізнес-Навігатор Випуск 3 (80) 2025 С. 511-516. DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.80-86>

УДК 330.1:338

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

**Носкова В.В.,
здобувачка рівня вищої освіти перший (бакалаврський)**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито сутність технологічного розвитку аграрного сектору України, як ключового фактору конкурентоспроможності країни.

Технологічний розвиток аграрного сектора економіки – це сукупність змін, спрямованих на підвищення ефективності та продуктивності сільського господарства шляхом впровадження нових технологій, методів виробництва та інновацій. Це включає модернізацію процесів, використання новітнього обладнання та технологій (наприклад, точного землеробства, біотехнологій), що сприяє зростанню обсягів виробництва, підвищенню якості продукції та зниженню витрат. Ключові аспекти технологічного розвитку аграрного сектору запропоновано в табл.1.

Технологічний розвиток аграрного сектора економіки полягає у впровадженні сучасних науково-технічних досягнень у сільське господарство, що призводить до підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції та ефективності використання ресурсів [1, с.176].

Таблиця 1. Ключові аспекти технологічного розвитку аграрного сектору

Аспекти	Характеристика
Підвищення ефективності	Сучасні технології дозволяють автоматизувати процеси, оптимізувати використання ресурсів (води, добрив, енергії), що призводить до збільшення врожайності та зниження витрат.
Забезпечення продовольчої безпеки	Технологічний розвиток сприяє стабільному виробництву достатньої кількості продовольства, що є основою продовольчої безпеки країни та допомагає задовольняти внутрішні потреби ринку.
Зменшення залежності від імпорту	Розвиток власних виробничих потужностей, зокрема в галузі техніки та добрив, дозволяє знизити залежність від імпортних ресурсів та створити замкнені ланцюги забезпечення.
Конкурентоспроможність	Впровадження інноваційних технологій дозволяє аграрному сектору стати більш конкурентоспроможним на світових ринках за рахунок підвищення якості продукції та зниження її собівартості.
Створення нових робочих місць та стимулювання економічного зростання	Нові технології потребують кваліфікованих кадрів, що сприяє створенню високооплачуваних робочих місць. Також це стимулює розвиток супутніх галузей, таких як виробництво, сервісне обслуговування та переробка.
Розвиток державно-приватного партнерства	Технологічна трансформація потребує спільних зусиль держави та приватного бізнесу для фінансування інфраструктури та впровадження інноваційних розробок.

Точне землеробство (Precision Agriculture) пов'язане з використанням систем глобального позиціонування (GPS/RTK), датчиків, дронів та супутникових даних для моніторингу стану посівів та ґрунту. Це дозволяє оптимізувати внесення добрив, засобів захисту рослин та полив, значно скорочуючи витрати ресурсів та підвищуючи врожайність. Автоматизація та роботизація полягає у впровадженні автономної сільськогосподарської техніки, такої як автоматичні трактори та комбайни, а також використання роботів для виконання рутинних завдань, що зменшує потребу в ручній праці та підвищує точність виконання робіт [2, с.78]. Цифрові технології та аналіз даних (Big Data) пов'язані зі збором та аналізом великих обсягів даних з різних джерел (погодні станції, датчики, супутники) для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Це допомагає прогнозувати врожайність, ризики захворювань та оптимізувати всі етапи виробництва. Біотехнології полягають у розробці та впровадженні високопродуктивних, стійких до хвороб та шкідників гібридів сільськогосподарських культур, а також використання біологічних засобів захисту рослин. «Розумні» ферми та вертикальне фермерство пов'язане з використанням технологій інтернету речей (IoT) для управління мікрокліматом, освітленням та поживними речовинами у закритих системах вирощування, що особливо актуально для міських агропромислових комплексів. Збереження ґрунту та ресурсозберігаючі технології полягають в застосуванні методів мінімального або нульового обробітку ґрунту (No-Till, Mini-Till), що сприяє збереженню родючості ґрунту, зменшенню ерозії та економії палива.

Висновок

Значення технологічного розвитку аграрного сектору полягає у підвищенні ефективності виробництва, забезпеченні продовольчої безпеки та покращенні конкурентоспроможності. Застосування нових технологій дозволяє оптимізувати процеси від посіву до збору врожаю, зменшити залежність від імпорту ресурсів, стимулювати створення замкнених ланцюгів постачання та впроваджувати інновації в усьому аграрному секторі. Технологічний розвиток аграрного сектора економіки передбачає широке впровадження інноваційних, ресурсозберігаючих та цифрових технологій, що є критично важливим для підвищення ефективності, конкурентоспроможності та сталого розвитку галузі, зокрема в Україні.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В., Пересада М.О.. Роль інновацій у сільському господарстві. *Аграрні інновації*. Номер 22. 2023. С. 175-179.
2. Батюк Л.А., Антощенкова В.В. Інноваційно-технологічні чинники глобального економічного розвитку. *Науковий економічний журнал «Інтелект XXI», №1*, Національний університет харчових технологій, ГО «Інститут проблем конкуренції», Видавничий дім «Гельветика», Київ, 2019. С.76-80.

УДК 338.43:004

СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

Юрко П.Ю., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі розкрито сутність і значення диджиталізації в підвищенні ефективності аграрного сектору, через впровадження нових технологій, оптимізацію процесів, що полегшує прийняття рішень і сприяє покращенню якості продукції.

Сучасний аграрний сектор перебуває на етапі глибокої трансформації, що зумовлена потребою в підвищенні ефективності, конкурентоспроможності та сталості господарств. Одним із ключових напрямів цього розвитку є диджиталізація, тобто впровадження цифрових технологій у бізнес-процеси агропідприємств. Диджиталізація дає змогу підвищити продуктивність виробництва, оптимізувати використання ресурсів, знизити ризики та зміцнити позиції підприємств на ринку. Ключові переваги цифрової трансформації в агробізнесі подані в табл.1.

Диджиталізація в агробізнесі – це не лише технічне оновлення, а системна трансформація усіх аспектів діяльності підприємства. Вона охоплює управління виробництвом, маркетинг, логістику, облік, моніторинг стану посівів і ґрунтів. Використання цифрових технологій дозволяє аграріям приймати рішення на

основі реальних даних, а не інтуїції чи досвіду минулих років. Що значно полегшує роботу та покращує врожаї. Цифрові технології забезпечують персоналізовану комунікацію з клієнтами, точніше визначення попиту, прогнозування ринкових тенденцій і формування ефективної маркетингової стратегії [1]. Це, своєю чергою, робить ринок більш прозорим і привабливим для інвесторів, відкриваючи нові фінансові можливості для підприємств.

Таблиця 1. Ключові переваги цифрової трансформації в агробізнесі

Переваги	Визначення
Підвищення продуктивності	завдяки використанню датчиків, дронів, GPS-систем та програм точного землеробства аграрії можуть ефективно контролювати процеси вирощування та своєчасно виявляти проблеми.
Рациональне управління ресурсами	оптимізація використання землі, води, добрив і засобів захисту рослин зменшує витрати й негативний вплив на довкілля.
Прогностичність і точність	штучний інтелект і аналітика даних допомагають передбачати результати врожайності, коливання попиту та зміну погодних умов.
Покращення якості продукції	цифровий контроль на кожному етапі виробництва гарантує стабільність і безпечність сільськогосподарських продуктів.
Зменшення ризиків	ІТ-системи дозволяють завчасно реагувати на загрози (шкідники, хвороби, погодні катаклізми).
Зміцнення конкурентоспроможності	підприємства, які впроваджують диджитал-інновації, швидше адаптуються до ринкових змін і забезпечують сталі позиції на внутрішньому та міжнародному ринках.
Зменшене використання людського часу	завдяки диджиталізації аграрії можуть позбутися зайвих робітників або навпаки замінити недостаючих працівників на своє господарство за допомогою цифрових технологій, що значно скоротить витрати на зарплати робітникам
Приклади ефективних технологій	ГІС-технології – створення карт для точного землеробства, прогнозування змін у ґрунтах, оптимізація використання територій.
	Супутниковий моніторинг (NDVI, CCCI, NDRE) – оцінка стану посівів і прогнозування врожайності.
	EOSDA Crop Monitoring – платформа для дистанційного контролю проблемних ділянок і оперативного реагування.

Процес диджиталізації відбувається послідовно у чотири етапи: 1. спонтанне оцифрування інформації; 2. формування масивів Big Data; 3. систематизація та аналітика даних; 4. повноцінна цифрова трансформація, що включає автоматизацію бізнес-процесів, онлайн-взаємодію та відмову від паперових носіїв. На завершальному етапі підприємство отримує можливість здійснювати управління виробництвом у режимі реального часу, координувати роботу техніки, персоналу й постачальників дистанційно. Завдяки таким інструментам аграрії можуть інтегрувати аналітичні дані у процес планування та контролю, що підвищує точність управлінських рішень.

Можна виділити чотири стратегічні напрями диджиталізації, що дають можливість підвищити прибутковість господарств і забезпечити сталий розвиток агросектору [2]: технічна диджиталізація (впровадження інтелектуальних систем, сенсорів, автоматизованої техніки); розширення асортименту продукції (створення нових сортів культур і продуктових ліній на основі даних ринку);

інноваційні технології (точне землеробство, дрони, штучний інтелект); збільшення експорту (використання цифрових інструментів для виходу на міжнародні ринки й підвищення якості логістики).

Висновок

Отже, диджиталізація є ключовим чинником інноваційного розвитку агробізнесу. Вона не лише модернізує виробництво, а й формує нову культуру управління, засновану на даних і технологіях. Завдяки цифровим інструментам аграрні підприємства підвищують ефективність, знижують ризики, зміцнюють конкурентні переваги та сприяють екологічній стабільності виробництва. Водночас диджиталізація потребує інвестицій, технічного переоснащення та підготовки кадрів. Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на пошук шляхів подолання цих викликів і формування ефективної державної підтримки цифрової трансформації агросфери.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В. Організаційно-економічний механізм інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва*, Сер. Економічні науки. 2021. №2 Том. 1. С. 161-170
2. Онегіна В.М., Антощенкова В.В.. Дифузія інновацій в аграрному бізнесі в Україні. *Актуальні проблеми інноваційної економіки*. 2021. №2. С. 22-27.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Молодь і технічний прогрес в АПК
МАТЕРІАЛИ XX МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
26-27 листопада 2025 року



Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
Факультет мехатроніки та інжинірингу

<https://agromaster.info/science/conference>

Матеріали публікуються у авторському варіанті

Відповідальний за випуск	Роман Антощенко
Редактор	Іван Галич
Комп'ютерний набір та верстка:	Наукове товариство здобувачів вищої освіти факультету мехатроніки та інжинірингу

Формат 64x84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.