

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ  
Державний біотехнологічний університет  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
University Maryland (USA)  
University of British Columbia (Canada)  
Lublin University of Technology (Poland)  
Israel Electric Corporation (Israel)

# **ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК**

Матеріали Міжнародної науково-практичної  
конференції

22 грудня 2022 р.

Харків  
ДБТУ  
2022

## Організаційний комітет:

Голова комітету: **Михайлов В. М.**, д-р техн. наук, проф. проректор з наукової роботи ДБТУ; Заступник голови: **Сорокін М. С.**, к.т.н., доц., декан факультету енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій ДБТУ;

Вчений секретар оргкомітету конференції: **Лисиченко М. Л.**, д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ;

Члени оргкомітету: **Каплун В. В.**, д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП; **Лазуренко О. П.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри електричних станцій Національного технічного університету України «ХПІ»; **Щур І. З.**, п.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханіки і комп'ютерних електромеханічних систем Національного університету України «Львівська політехніка»; **Мірошник О. О.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ; **Хандола Ю. М.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ; **Петренко О. В.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ; **Мегель Ю. Є.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри кібернетики ДБТУ; **Тимчук С. О.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ; **Гриб О. Г.**, д.т.н., проф., професор кафедри автоматизації та кібербезпеки НТУ ХПІ; **Мороз О.М.**, д.т.н., проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ; **Косуліна Н. Г.**, д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ; **Потапов В. О.**, д.т.н., проф., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ; **Vasily Krivtsov, Ph.D., R.Eng., Professor, University of Maryland (USA)**; **Juri Jatskevich, Ph.D., P.Eng., Professor, IEE Fellow Electrical and Computer (Canada)**; **Pawel Komada, Ph.D., D.Sc., associate professor Lublin University of Technology (Poland)**; **Vladimir Gurevich, Honorary Professor, Senior Specialist, Israel Electric Corporation (Israel)**.

*Конференцію включено до Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій науковців, молодих учених і здобувачів вищої освіти у 2022 році згідно листа ІМЗО МОН України від 30.12.2021 № 22.1/10-2985*

Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: [Електронний ресурс]: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 22 грудня 2022 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Х.: 2022. – 214 с. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати досліджень і розробок учених та молодих науковців, аспірантів, співробітників організацій та підприємств. Для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців в галузі енергетики, електромеханіки, робототехніки, автоматики, інформаційних технологій, енергетичного машинобудування, біомедичної інженерії

## СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 629.3

### ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Бабенко К. В., магістр, e-mail: [babenko.kateryna@kname.edu.ua](mailto:babenko.kateryna@kname.edu.ua)

Герасименко В. А., к.т.н., e-mail: [vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua](mailto:vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua)

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Менше шуму та вихлопних газів на дорогах, дешевше заправлення й простіше технічне обслуговування – це безперечні переваги електромобілів. Дивлячись на те, що в даний час електромобілі не є основним джерелом пересування в Україні та займають незначну питому вагу в структурі автотранспортної системи України, їх роль у розвитку надзвичайно важлива, оскільки вони володіють великим потенціалом через їх екологічність та застосування джерел енергії, що поновлюються. Однак, без якісного стрибка енергетичних характеристик акумуляторних батарей та без значного зниження їх вартості, електромобілі будуть мати обмежений попит серед споживачів автомобілів.

Актуальність роботи полягає в тому, що наразі у розвитку ринку електромобільного транспорту відбувається стрімкий стрибок. Повний перехід на електромобілі є перспективним напрямком у кожній сучасній країні, але його реалізація в світі поки є досить складним процесом.

Метою даною роботи є дослідження перспектив подальшого розвитку ринку електромобілів в Україні, розробка технічних рішень для впровадження сучасних систем акумуляування енергії.

В Україні темпи купівлі електромобілів зростають. Якщо у 2012-2013 роках електрокари тільки-но почали з'являтися, то на вересень 2022 року зареєстровано понад 40 тисяч машин на електротязі. У разі збереження тенденції до розвитку та розширення електромобілів відповідно збільшаться вимоги до будівництва розширеної мережі зарядних станцій, щоб забезпечити не тільки радіус дії електромобілів в своєму районі експлуатації, але і перетин на середніх відстанях до 300 км. Це вимагає розгортання зарядних станцій уздовж основних доріг в межах максимум 50-60 км.

Враховуючи прийнятий «Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року», а також перспективи впровадження технологій «SmartGrid» у національну електричну мережу та необхідність розвитку зарядних станцій електромобілів, постає питання про створення єдиних підходів до правильного вибору генеруючого та акумуляуючого устаткування як класичних, так і комплексних систем електроживлення на основі відновлюваних джерел енергії з урахуванням енергетичного потенціалу місцевих джерел, режимів роботи обладнання при умові відсутності негативного впливу на роботу централізованої енергосистеми.

Розвиток інфраструктури потужних станцій швидкісної зарядки в Україні потребує модернізації наявної електромережі та приведення її у відповідність до європейських стандартів. Тобто постає питання, чи спроможна теперішня енергосистема країни забезпечити зарядку електромобілів, кількість яких невпинно зростає. Для того, щоб задовольнити потребу в зарядці електромобілів, необхідно розвивати загалом інфраструктуру електричних автомобілів, створюючи зарядні станції з необхідною кількістю точок підключення та потужністю.

Для розрахунку необхідної кількості зарядних станцій та необхідної кількості точок підключення, потрібно почати з визначення кількості електричних автомобілів, які будуть споживачами потужності.

За прогнозами авторів, у 2026 році у Харкові буде близько 11 000 електричних автомобілів. Отже, для одночасної зарядки буде необхідно 11 000 точок підключення. Надалі стає питання в необхідній кількості зарядних станцій. На сьогодні, кількість зарядних станцій не в змозі повністю забезпечити можливість підключення усіх електричних транспортних засобів.

Електромобілі та їх акумуляторні батареї (якщо вони не використовуються в автомобілях для спільного використання поїздок або автономних таксі) залишаються без використання зазвичай 95% часу. Використання електромобіля як мобільного накопичувача енергії перетворює недостатньо використовуваний актив (електромобіль + акумулятор) на такий, який допомагає вирішити кілька зростаючих проблем з електромережею та забезпечує потенційний економічний ефект для його власника (технологія Vehicle-to-grid).

На сьогодні у Харкові нараховується близько 310 зарядних станцій. Існуючі зарядні станції, окрім станцій швидкої зарядки, не потребують для здійснення підключення до мережі виділення додаткової електричної потужності, оскільки одночасно можуть бути підключені лише від 1 до 3 електромобілів. Але при створенні великих зарядних станцій зі значно більшою кількістю точок підключення, ця потреба з'являється. За рахунок використання резерву потужності трансформаторних підстанцій у Харкові, що використовуються для потреб міського електричного транспорту, можна підключити до 30% нових швидкісних зарядних станцій. Однак існуючий резерв потужності мережі трансформаторних підстанцій не може забезпечити повноцінний розвиток інфраструктури зарядних станцій, тому є необхідність удосконалення існуючої системи, прокладка нових ліній електропередач для зменшення завантаженості ліній та уникнення випадку зустрічного потоку значних потужностей.

Одним із фактором, який впливає на вибір місцезнаходження зарядної станції, є рівень потоку транспортних засобів та місць їхнього паркування протягом дня. Такими місцями зазвичай є стоянки або паркінги, які знаходяться на території торгово-розважальних комплексів, офісних центрів, університетів та інших навчальних закладів, лікарень, адміністративних будинків. Однак у Харкові з доступними та зареєстрованими місцями для паркування є складнощі. Це одне з проблемних питань, яке потрібно вирішити при покращенні електромобільної інфраструктури у місті.

Перспективним напрямком у цьому питанні може стати розробка нового складу електроліту, що на даний час стає нестабільним при високій напрузі. Графеновий акумулятор збільшив би пробіг існуючих електромобілів до 1000 км, при цьому на підзарядку витрачалось 5-10 хв. при використанні потужної станції. Графен вже виробляється масово, і якщо дослідно-промислові випробування будуть успішними, то в сегменті акумуляторних батарей може бути ще один технологічний ривок. Застосування подібних типів акумуляторів вирішило б найбільш проблемні питання, такі як недостатній запас ходу та тривалість зарядки.

На основі проаналізовано матеріалу було зроблено висновок, що підтверджує необхідність або додаткову цінність електромобілів у випадку впровадження сучасних систем акумуляування енергії з запасом ходу у 800-1000 км. У цьому випадку популярність електромобілів постійно буде зростати, оскільки з кожним роком буде вдосконалюватися як ємність акумуляторних батарей, так і їх ходові якості.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розвивати інфраструктуру для електромобілів. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ukrainer.net/ev-charge/>
2. Marra, Francesco; Larsen, Esben; Træholt, Chresten, «Electric Vehicles Integration in the Electric Power System with Intermittent Energy Sources – The Charge/Discharge infrastructure».
3. Скундин А. М. Современное состояние и перспективы развития и исследований литиевых аккумуляторов / А. М. Скундин, О. Н. Ефимов, О. В. Ярмоленко / Успехи химии. – 2002. – Т. 71, № 4. – С. 378–398.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ  
ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ МІСТА

Кауркін Є. О., аспірант,

Гриб О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleg47gryb@gmail.com](mailto:oleg47gryb@gmail.com)

Карпалюк І. Т., д.т.н., доц., e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Енергопостачання в містах України є комплексом постачання, що найменше теплової і електричної енергій, причому, для споживача енергій вони розділені і можуть мати деяку незалежну оцінку, тоді, як для постачальника ці два види енергії тісно пов'язані. Теплова мережа є системою трубопроводів (теплопроводів), насосних станцій і теплообмінних апаратів, які забезпечують безперервну подачу та розподіл теплової енергії у вигляді гарячої води або пари споживачам та її повернення до джерела. Протяжність теплових та парових мереж в Україні станом на 2015 р. у двотрубному обчисленні становила 31,3 тис км, зокрема у м. Києві майже 1,2 тис км [1]. Робота насосів забезпечується електричною енергією, а також робота автоматики вимагає наявності електричної енергії і без певної потужності електричної енергії, неможливо виконати умови вироблення і постачання теплової енергії. Створення системи комплексного контролю за станом енергетичних мереж може забезпечити умови надійного і якісного постачання енергії суб'єктами господарювання в місті [2]. Виходячи із значної розгалуженості і протяжності теплових мереж їх моніторинг пропонується виконувати комплексами на базі БПЛА.

**Метою досліджень.** Дослідження переваг проведення діагностики стану енергетичних мереж за допомогою комплексів на базі БПЛА.

**Основні матеріали досліджень.** У містах теплові мережі виконують за однією зі схем: тупиковою (радіальною), кільцевою – за наявності декількох джерел тепла, і змішаною. Якщо допустимі короткочасні перерви в теплоспоживанні, достатні для ліквідації аварій на теплових мережах, то рекомендується використання радіальних схем теплових мереж. Радіальні теплові мережі споруджують з поступовим зменшенням діаметра труб від джерела теплоти. Такі теплові мережі також називають тупиковими, вони мають меншу вартість, ніж кільцеві, а також прості в експлуатації. При аваріях на головних ділянках теплових мереж теплопостачання поза аварійної ділянки припиняється. Кільцеві теплові мережі мають велику вартість і об'єднують кілька джерел виробництва теплової енергії з метою оптимального розподілу теплового навантаження по тепловим станціям і завантаження найбільш потужних і економічних котельних агрегатів [3].

За способом прокладання теплові мережі поділяють на підземні та наземні. Конструктивно підземні тепломережі ділять на два принципово різних види: каналні і безканалні. Канали для теплопроводів бувають прохідні, напівпрохідні і непрохідні. Прокладка в прохідних каналах (тунелях) – найбільш досконалий спосіб, тому що забезпечений доступ обслуговуючого персоналу до трубопроводів для здійснення контролю за їх станом і проведення ремонтних робіт. Прохідні канали влаштовують зазвичай при прокладанні великої кількості труб в одному напрямку, наприклад, на висновках з ТЕЦ. Однак, вартість прокладки трубопроводів в прохідних каналах досить висока, а самі канали мають великі габарити (висотою по просвіті не менше 1,8 м і з проходом між трубами – 0,7 м). Напівпрохідні канали є перехідним ступенем між прохідними і непрохідними каналами і мають габарити менші в порівнянні з прохідними (їх висота в світло 1,4 м, ширина проходу 0,4-0,5 м). Для огляду теплопроводів і проведення ремонтних робіт в напівпрохідних каналах необхідною умовою є відключення теплоносія.

Спосіб прокладання трубопроводів не дозволяє виконувати поверхові огляди. Під час транспортування теплоносія у період опалювального сезону, теплотраси мають підвищений тепловий фон. Тому, контроль стану трубопроводів можна виконувати оперативно за

допомогою тепловізора, встановленого на БПЛА. За рахунок теплоізоляції і наявності сторонніх теплових випромінювань, тепловий фон від теплотраси визначається складно, тому проведення теплової зйомки рекомендують виконувати в нічний час доби щоб виключити вплив сонячного світла і нагрітих об'єктів що використовуються в денний час (автомобілі). Теплова аерозйомка представляє собою фотографування випромінювання від об'єктів контролю в інфрачервоному діапазоні та перетворення його у видиме зображення. Суть методу інфрачервоної аерофотозйомки полягає в тому, що спочатку теплову мережу розбивають на ділянки, а потім при підключенні системи проводять одночасно теплову та візуальну аерофотозйомку обраних ділянок. Результати фотографування накладають один на другий і на отриманому сумісному зображенні проводять аналіз стану теплової мережі.

Можна виконувати таку зйомку наземним тепловізійним скануванням але в такого методу є недоліки. Авторами проведено порівняння методів теплозйомки: за допомогою БПЛА і наземними засобами.

*Теплова аерозйомка.* Термограма (кольорова чи чорно-біла). Переваги: Оперативність, одночасне обстеження великих площ, запис та аналіз даних. Недоліки: Дослідження тільки в нічний час, вплив теплової енергії зовнішніх джерел, висока вартість, відсутність нормативів.

*Наземне тепловізійне сканування.* Термограма (кольорова чи чорно-біла) Переваги: Оперативність, точне визначення місця дефекту, оцінка якості теплоізоляції, одночасне детальне обстеження локального місця, запис та аналіз даних на місці. Недоліки: Висока вартість, вплив теплової енергії зовнішніх джерел, необхідність постійного налаштування, дослідження тільки при низьких температурах.

Авторами запропонована методика експрес діагностики, яка побудована на порівнянні термознімків нормального стану теплопроводу (що приймаються за еталон) і термознімків поточного стану для виявлення розбіжностей. Виявлення розбіжностей може проводитися в автоматичному режимі за допомогою методів обробки зображень і розпізнавання форми відхилень. При використанні БПЛА для проведення поточної діагностики досягаються дві мети: Перша – підвищується актуальність оглядів(проведення оглядів стільки скільки необхідно від одного разу на добу до декількох раз на годину. При чому затрати на проведення оглядів будуть значно менші аніж проведення таких оглядів осмотровими бригадами. Друга – дозволяє вести архів станів теплопроводів, що дозволяє визначити ступінь зносу і руйнування сегментів мережі і можливість проведення експрес аналізу стану теплопроводу в реальному часі.

Авторами запропоновано впровадження автоматизованої системи моніторингу стану енергопостачаючої мережі, що дозволяє: оперативно виявляти порушення цілісності теплопроводів, і знаходити скриті порушення (витоки теплоносія в інші мережі міста).

**Висновок.** Таким чином, запропонована автоматизована система моніторингу стану енергопостачальної мережі дозволяє отримати економічні переваги і дозволяє отримати оперативну інформацію для підтримання енергетичних мереж в робочому стані. Запропонована автоматизована система моніторингу стану дозволяє проводити спостереження за різними інженерними мережами міста.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Укрстат [Режим доступу]  
[https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/cin\\_el\\_energ/cin\\_el\\_energ\\_u/c\\_elenI\\_19\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/cin_el_energ/cin_el_energ_u/c_elenI_19_u.htm)
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. - 5-е изд., перераб. - М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.
4. Andarini R. The role of building thermal simulation for energy efficient building design // Energy procedia. – 2014. – V. 47. – P. 217–226.
5. Економіка підприємства  
[https://pidru4niki.com/10480304/ekonomika/ponyattya\\_sobivartosti\\_produktsiyi](https://pidru4niki.com/10480304/ekonomika/ponyattya_sobivartosti_produktsiyi)

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ

Коломієць В. О., аспірант, e-mail: [kvladislav971@ukr.net](mailto:kvladislav971@ukr.net)Qawaqzeh M. Z., к.т.н., доц, e-mail: [qawaqzeh@bau.edu.jo](mailto:qawaqzeh@bau.edu.jo)Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: [omiroshnyk@btu.kharkov.ua](mailto:omiroshnyk@btu.kharkov.ua)Попадченко С. А., ст. викл., e-mail: [svanp111@ukr.net](mailto:svanp111@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Проблеми, пов'язані з якістю електричної енергії в енергетичній мережі, не втрачають своєї актуальності нині. Вимоги до якості електроенергії постійно зростають у зв'язку з удосконаленням електроприймачів та збільшенням їх чутливості до спотворень та перешкод. Для контролю та моніторингу якості електричної енергії потрібне використання різних методів вимірювання. В даній тезі, наведені класифікації методів, які поділяють їх на чотири основні категорії: контроль амплітуди напруги, контроль частоти мережі живлення, контроль несиметрії та контроль несинусоїдності. У процесі дослідження було розглянуто роботи вчених, які описують різні методи, і навіть їх математичне уявлення та переваги проти аналогічними методами. За результатами даного дослідження було зроблено висновок про те, що найбільш оптимальними методами контролю можна вважати методи, засновані на Вейвлет-аналізу, оскільки вони дозволяють значно скоротити обсяг інформації, що передається, про параметри режиму електроенергетичної системи. Що значною мірою задовольняє принципи побудови системи моніторингу якості електричної енергії в рамках реалізації інтелектуальних енергосистем

**Метою досліджень.** Вибір найоптимальнішого методу контролю показників для побудови системи моніторингу якості електричної енергії у межах реалізації інтелектуальних енергосистем з урахуванням методу порівняння.

**Основні матеріали досліджень.** Вибір необхідного методу в тому чи іншому випадку є одним із основоположних моментів у процесі контролю та моніторингу якості електроенергії. Крім того, класифікацію методів контролю показників якості електричної енергії розглянуто в [1]. Дані методи контролю показників якості електроенергії можна розділити на чотири основні групи: контроль амплітуди напруги, контроль частоти, контроль несинусоїдальності, контроль несиметрії. Методи контролю показників якості електроенергії ґрунтуються на математичних обчисленнях різного виду, таких як Вейвлет-аналізу, перетворення Фур'є, інтегральні обчислення тощо.

Метод контролю амплітуди напруги полягає у визначенні амплітуди напруги. Під амплітудним значенням напруги мається на увазі максимальне, миттєве значення напруги, тобто в тому випадку, коли синусоїда змінної напруги досягає найбільшого значення. Амплітудне значення напруги  $U_m$  визначається за формулою 1.

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}, \quad (1)$$

де  $U$  – діюче значення напруги.

Контроль частоти напруги здійснюється за допомогою трьох основних методів: Періодограмний метод, Корелограмний метод та Лічильний метод. Періодограмний та корелограмний методи є методами спектрального аналізу, завдяки яким можна описати частотний склад вимірюваного сигналу. Зазначені методи належать до класичних методів оцінки спектральної густини потужності [2]. Робота кожного з них заснована на перетворенні Фур'є, що пов'язує тимчасовий або простірний сигнал з його поданням у частотній області. Періодограмний метод (прямий метод) являє собою перетворення Фур'є відліків сигналу, а оцінка частоти основної гармоніки визначається місцем розташування

максимуму амплітудного спектру. В основі його обчислення лежить квадрат модуля перетворення Фур'є для нескінченної послідовності даних.

$$S(f) = \frac{T}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi f n T) \right|^2, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість відліків;  $T$  – інтервал відліків.

Методи контролю несинусоїдності мають великий різновид. Насамперед вони поділяються на частотні та тимчасові методи. До частотних належать такі методи, як Вейвлет-перетворення, банк фільтрів та різновиди перетворення Фур'є: швидке та дискретне. Тимчасові методи поділяються на синхронні  $dq$ -фрейми, мультигармонічні  $dq$ -фрейми та  $dq$ -фрейми зі смуговими фільтрами. Метод банку фільтрів [3] застосовується для забезпечення швидкої роботи з більшими масивами даних. В основі методу лежить застосування цифрових фільтрів, що є частотно-виборним ланцюгом з однотипних смугових фільтрів. Ці фільтри розбивають вхідний сигнал на кілька підканалів і проводять вибірку цифрових сигналів за частотою, тим самим здійснюючи фільтрацію. Смужні фільтри отримують завдяки набору фільтрів низьких частот зі зсувом їхнього вхідного сигналу. Це дозволяє отримати дискретне перетворення Фур'є, на якому засновано роботу банку фільтрів.

$$X(k, t) = \sum_{i=0}^{K-1} x(t - i) \exp\left(-\frac{-2j\pi k}{K} i\right). \quad (3)$$

Методи подання несиметрії описуються методом симетричних складових та різними перетвореннями, такими як перетворення Кларка, перетворення Ведепола, перетворення Карренбауера та іншими. Найбільш популярним є метод симетричних складових [2], так як симетричні режими електроустаткування представлені лише вектором прямої послідовності, тоді як зворотний та нульовий вектори мають нульове значення. Якщо зворотний і нульовий вектори мають ненульове значення, тоді йдеться про несиметричний режим. Наприклад, перетворення Кларка [1], яке здійснює перехід від трифазної системи координат до двофазної ( $abc-\alpha\beta 0$ ), є більш простим у порівнянні з методом симетричних складових, оскільки воно дає можливість проводити вимірювання при зміні частоти мережі, легко ідентифікувати вид короткого замикання, а також дозволяє досить просто визначити симетричні складові, сформовані найвищими гармоніками [1, 3]. У зв'язку з зростаючою роллю електроенергії в нашому житті та посиленням вимог до якості електричної енергії, що споживається електроприймачами, необхідно вживати заходів щодо контролю параметрів електроенергії.

**Висновок.** Таким чином, в результаті проведеного аналізу визначено, що найбільш оптимальними методами контролю можна вважати методи, засновані на Вейвлет-перетворенні, оскільки вони дозволяють значно скоротити обсяг інформації, що передається, про параметри режиму електроенергетичної системи. Що значною мірою задовольняє принципи побудови системи моніторингу якості електричної енергії в рамках реалізації інтелектуальних енергосистем.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dekhandji FZ. Detection of power quality disturbances using discrete wavelet transform. In: 2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), Boumerdes, Algeria. 2017. pp. 1-5.
2. Pan J, Qi M. Study on short-term load forecasting of distributed power system based on wavelet theory. In: 2018 10th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), Changsha, China. 2018. pp. 170-173.
3. Yang Z, Ren G. Power quality disturbance recognition based on fitting redundant lifting wavelet packet and energy analysis. In: 2017 IEEE International Conference on Energy Internet (ICEI), Beijing, China. 2017. pp. 148-153.



## АНАЛІЗ І ПРАКТИКА КОНТРОЛЮ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Косарева І. В., магістр, e-mail: [irinacosareva123098@gmail.com](mailto:irinacosareva123098@gmail.com)

Щербак І. Є., к.т.н., ст. викл., e-mail: [ie.sherbak@gmail.com](mailto:ie.sherbak@gmail.com)

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

**Актуальність досліджень.** В зв'язку з тим, що відбувається в енергосистемі України наразі, коли ми маємо багато пошкоджених трансформаторних підстанцій, проблеми з забезпеченням надійного та якісного електропостачання споживачів та відповідно рівнем напруги, питання контролю та регулювання напругою є досить актуальним для сьогодення.

**Мета досліджень.** Метою роботи є розробка ефективної методології контролю напруги в розподільних мережах таким чином, щоб параметри керування та рівень напруги відповідав стандарту та економічності роботи. Основу методології складає необхідність врахування зміни споживання навантаження та стохастичний режим роботи нетрадиційних джерел енергії в розподільчих мережах за допомогою контролювання напруги в різних точках мережі, використовуючи наявне контрольне обладнання шляхом планування керуючих дій. Питання балансування енергетичної системи в рамках дотримання рівня напруги та частоти наразі є найактуальнішим та вимагає швидкого прийняття рішень [1]. Враховуючи суттєві проблеми пов'язані з пошкодженням потужних високовольтних магістральних підстанцій та проблем з розподілом електричної енергії особливо важливим питанням є здійснення локального енергозабезпечення від нетрадиційних джерел енергії на місцевому рівні.

**Основні матеріали досліджень.** Експлуатація енергетичних систем є надзвичайно складним завданням і вимагає комп'ютеризованих інструментів, таких як система SCADA. Система SCADA – це промислова система керування, яка контролює стан мережі шляхом збору даних вимірювань у режимі реального часу з віддалених терміналів на підстанціях, а іноді й на віддаленому кінці розподільних фідерів, а потім контролює системи живлення в центрах керування за допомогою пристроїв керування в режимі реального часу через канали зв'язку. Сучасні схеми моніторингу, засновані на телеметричних системах, можуть вимірювати та передавати системні дані, включаючи частоту, напругу, струм, потоки потужності, стан перемикачів і положення відводів трансформатора. Такі вимірювання отримують системи SCADA в центрах керування, щоб дозволити операторам обробляти, відображати та перевіряти дані з необхідними обмеженнями для перевантажень або порушень напруги та частоти [2].

Розподілені генератори можуть бути підключені до мережі через синхронні та асинхронні машини або силові електронні інтерфейси. Зв'язок між різними технологіями з'єднання та типами розподілених генераторів показаний у табл. 1.

Таблиця 1 – Зв'язок між різними технологіями з'єднання та типами розподілених генераторів

Підключення розподіленого генератора	Основні типи розподіленого генератора, які можна підключити
Синхронні генератори	Двигуни внутрішнього сполучення, газові турбіни, сонячна тепла, геотермальна та біомаса, малі гідроелектричні станції
Індукційні генератори	Вітрові турбіни, мікроГЕС
Силові електронні інтерфейси	Фотоелектричні системи, ТЕЦ, паливні елементи, мікротурбіни, вітрові турбіни

Перевага використання синхронних генераторів для перетворення початкової форми енергії в потужність змінного струму полягає в тому, що вихідну потужність можна

регулювати, щоб забезпечити підтримку реактивної потужності. Те саме стосується з'єднань через силові електронні перетворювачі.

Щодо точки підключення генераторів з відновлюваних джерел енергії, ключовими факторами є розмір генеруючих одиниць і потужність місцевих розподільчих мереж або систем передачі. Розробники невеликих розподілених генераторів, таких як побутові фотоелектричні системи, схильні підключатися до найближчої точки локальної мережі; виробники середніх і великих відновлюваних генераторів, таких як вітряні електростанції повинні бути підключені до систем передачі, щоб уникнути порушення місцевих розподільчих фідерів.

В даний час системи розподілу включають велику кількість повітряних ліній, підземних кабелів, трансформаторних підстанцій, обладнання реактивної компенсації, пристроїв захисту та іншого допоміжного обладнання. В умовах підвищеного попиту на електроенергію та надмірного дефіциту електричної енергії в енергосистемі особливу увагу слід зосередити на розподіленій генерації та ефективного управління ними. У роботі було описано характеристики розподільчих мереж (розподілені генератори зазвичай підключаються до розподільчих мереж точках постачання мережі, на живильних та розподільчих підстанціях або на місцях споживачів. Вибір того, чи варто інвестувати в розподілені генератори, насамперед залежить від мети, місця розташування, наявності палива/ресурсів, умов навколишнього середовища та обладнання, а також зусиль з обслуговування), технології розподіленого генератора (є два основних типи розподілених генераторів, один з яких працює для цілей самозабезпечення, головним чином у формі когенераційних або фотоелектричних систем, інший використовується для постачання третім сторонам від відновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру та гідроенергії [3]. Когенераційні станції постачають як тепло, так і електроенергію найближчим споживачам) і типи навантажень (споживання електроенергії окремим домогосподарством є предметом невизначеності, і, отже, коливання в навантаженні, як правило, є непостійними та різкими. Вимірний стан навантаження на підстанціях має тенденцію бути відносно більш плавним за своєю структурою, оскільки це загальне сукупне навантаження від підключених компонентів, таких як кластер окремих навантажень, розподілені генератори, лінії/кабелі та трансформатори). Тому доцільно проаналізувати навантаження на рівні споживачів для детального дослідження системи розподілу та проаналізувати тенденцію навантаження, зафіксовану на розподільчих підстанціях для більш широких досліджень системи; проаналізувати вплив розподіленого генератора на роботу існуючих мереж (розподілені генератори спочатку були введені в енергомережу через їх набагато менші або незначні викиди вуглецю під час процесу виробництва електроенергії, але їх інтеграцію в мережу потрібно проводити обережно. Наприклад, будівництво вітряних електростанцій підлягає ряду оцінок (візуальний вплив вітрових турбін і шум)) [4].

**Висновки.** Проаналізували методи контролю напруги в розподільчих мережах. В основному керування напругою здійснюється за рахунок РПН трансформаторів або опосередковано за допомогою пристроїв компенсації реактивної потужності. Виділено основні типи та точки підключення розподілених генераторів, як ключовий фактор є розмір генеруючих одиниць і потужність міських розподільчих мереж.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011. Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Київ. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. 2012.
2. Operational Voltage Control of Future Distribution Networks- Glasgow, UK, 2014. – 268с.
3. Довгалюк О. М. Удосконалення методів регулювання напруги в багаторівневих розподільчих електричних мережах на основі прогнозування параметрів режиму електроспоживання: дисертація / О. М. Довгалюк, М. М. Черемісін – Харків: ХПІ, 2004.
4. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначенності (EN 50160:2010, IDT).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗВ'ЯЗАНОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МІСЬКИХ  
ЕНЕРГОМЕРЕЖ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Лука О. В., аспірант, e-mail: [oleksiyluka141@gmail.com](mailto:oleksiyluka141@gmail.com)

Гриб О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleg47gryb@gmail.com](mailto:oleg47gryb@gmail.com)

Карпалюк І. Т., д.т.н., доц., e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Лисиченко Р. М., к.т.н., e-mail: [rlysychenko@gmail.com](mailto:rlysychenko@gmail.com)

ТОВ «Компанія кольорової поліграфії «Україна – Юнь Чень»

**Актуальність дослідження.** Для України характерним є те, що обсяги споживання електричної енергії населенням становить більше ніж споживання промисловістю і це суттєво відображається на формуванні вимог до якості електричної енергії (ЯЕЕ) [1]. Промислові об'єкти можуть вирішити питання якості встановленням додатково електротехнічного обладнання фільтрів, компенсаторів, стабілізаторів, ін., а для населення, яке має незначні потужності споживання, і під'єднане до розгалуженої мережі, немає можливості вирішення питань ЯЕЕ індивідуальними засобами. Тому, для населення ЯЕЕ залежить від якості енергії що постачається, і в той же час, вона залежить і від взаємних впливів інших споживачів [2].

В умовах міста ЯЕЕ значним чином пов'язана із споживанням інших видів енергії [3]. Населення споживає різні види енергії і найбільший обсяг енергії що споживається, це теплова енергія але виходячи з того, що електрична енергія є універсальною і може перетворюватися і в теплову. Зрозуміло, що споживачі використовують електричну енергію для отримання тепла щоб компенсувати недоотримані обсяги від теплових мереж, а це в свою чергу призводить до зниження ЯЕЕ і додатковим економічним втратам [4].

**Метою досліджень** є дослідження зміни параметрів ЯЕЕ за умови взаємопов'язаного енергоспоживання суб'єктами господарювання.

**Основні матеріали досліджень.** У випадку використання електричних мереж в режимах, на які вони не були призначені, а саме: в режимі постачання значних обсягів потужності для отримання тепла., що призводить до перевантаження мереж і електричного обладнання. В режимах перевантаження підтримання параметрів ЯЕЕ на необхідному рівні є складною задачею, а при постачанні обмежених об'ємів електроенергії взагалі не можливе. З іншого боку, споживання теплової енергії характеризується довготривалими режимами із плавними змінами обсягів енергії. Тому, використання електричних мереж для компенсації недоотриманої теплової енергії від теплових мереж призводить ще й до зміни графіків навантаження. Виходячи із того, що електричну енергію неможливо накопичувати, то такі графіки споживання призводять до змін графіків роботи генеруючого обладнання, що також призводить до погіршення ЯЕЕ.

Авторами запропонована використання концепції загальноенергетичного споживання суб'єктами господарювання, коли враховуються всі типи енергії, які споживає споживач і виводиться кореляційна залежність заміщення одного типу енергії іншим. Таким чином, пропонується модель взаємо зв'язаного енергетичного пулу, що споживає споживач. В рамках такої моделі електрична енергія, як найбільш універсальна, може виступати заміном або доповненням до інших типів енергії в пулі споживання. Пропонується вимірювати типи енергії за її ринковою вартістю приведеною до потреби і затребуваності споживачем. Причому, залежність приведеної вартості має корегуватися у відповідності від рівня енергії оточуючого простору (сезонні температури), потреби в діяльності, ін., а корегування пропонується виконувати відповідними коефіцієнтами, які визначаються статистично. Модель зв'язаності енергій пропонується побудувати в об'ємі, як поєднання кінців векторів що пропорційні приведений вартості відповідного типу енергії, а кут нахилу вектору (і-го типу енергії) має відповідати ступеню заміщення одного типу енергії іншим. Внаслідок чого, отримується залежність взаємного впливу різних видів енергії, які споживає

споживач. Модель зв'язаності енергій пропонується називати «тілом енергоспоживання». Об'ємне представлення тіла енергоспоживання дає можливість наочно продемонструвати різні режими споживання і сформулювати взаємозалежність енергії, як різних функцій об'єму. Виходячи з того, що тіло енергоспоживання - кількість електроенергії, необхідна конкретному споживачу для забезпечення достатнього рівня життєдіяльності. За умови введення параметрів якості енергопостачання для різних видів енергії, з'являється необхідний параметр взаємної заміненості енергії не тільки для підтримки обсягу тіла енергопостачання, а й для підтримки якісних показників. Тобто, формуються два критерії регулювання для сумісного енергопостачання: - підтримання об'єму тіла енергоспоживання в заданих межах; - зменшення обсягу використання складової заміненості однієї енергії іншою. Використання системи регулювання енергопостачання на засадах взаємовпливу дає системі центрального теплопостачання можливість керування режимами відпуску тепла з урахуванням змін реакції побутових споживачів на тепловий дискомфорт, зв'язаний з недостатнім рівнем якості теплопостачання.

Для удосконалення управління енергоспоживанням в муніципальному господарстві проводиться дослідження сезонних закономірностей зв'язаного споживання електроенергії, газу і електроенергії в комунально-побутовому секторі [5,6]. При цьому, враховується дефіцит тепла, дефіцит сонячного світла в житлових приміщеннях, а за результатами досліджень із загального потоку даних про електроспоживання для конкретного житлового масиву виявляється складова, зв'язана з електричним додатковим підігрівом. В [3] зроблено припущення, що якісній роботі системи центрального теплопостачання відповідає певна норма споживання електричної енергії житловими масивами.

Авторами запропоновано впровадження автоматизованої системи моніторингу якості різних видів енергії. Наприклад, система моніторингу якості теплопостачання житлових масивів дозволить оптимізувати роботу диспетчерського центру систем центрального теплопостачання та скоротити витрати на виробництво, передачу і розподіл теплової та електричної енергії. В якості математичного апарату пропонується використовувати методи обробки часових рядів в якості яких будуть виступати дані з систем моніторингу що дозволяє: виявляти приховані, неявні компоненти часового ряду для аналізу причинно-наслідкових зв'язків динамічної системи, виявляти моменти часу змін властивостей досліджуваного часового ряду, виявляти моменти часу виходу значень певних параметрів процесу з заданої області, і як наслідок, оптимізувати регулювання функціонування аналізованої системи і вести контроль якості кінцевого продукту.

**Висновок.** Таким чином запропонована модель взаємо зв'язаного енергетичного пулу, що споживає споживач, дозволяє отримати нові шляхи для обґрунтування використання комплексного моніторингу і досягти більших мінімальних або максимальних показників при регулюванні енергопостачання, що дозволить досягти разом із покращенням економічних показників ще й підвищення якісних показників енергопостачання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Динамічні ряди показників енергетичних балансів за 1990-2018 роки. [[https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/drpeb/dr\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/drpeb/dr_u.htm)] (актуальність 2020/02/02)
2. Качество электрической энергии. Том 2. «Контроль качества электрической энергии» Под ред. О. Г. Гриба – Х.: Монография ПП«Граф-Ікс», 2014. – 244 с.
3. Вороновский Г. К. Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях. - Х.: Изд-во "Харьков", 2002. - 240 с.
4. Анализ и оценка экономических ущербов от низкого качества электрической энергии: Монография / Под ред. В. А. Онищенко. – Х.: ПП «Граф-Ікс», 2013. – 329 с.
5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 5-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.
6. Andarini R. The role of building thermal simulation for energy efficient building design // Energy procedia. – 2014. – V. 47. – P. 217–226.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Окушко О. В., к.т.н., доц., e-mail: [oaleks@ukr.net](mailto:oaleks@ukr.net)

Радько І. П., к.т.н., доц., e-mail: [ivan\\_radko@ukr.net](mailto:ivan_radko@ukr.net)

Наливайко В. А., к.т.н., доц., e-mail: [nva041@ukr.net](mailto:nva041@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Підвищення ефективності енергетичної галузі і, в першу чергу питань мінімізації енергетичних, сировинних та фінансових ресурсів є одним із пріоритетних напрямів нашої держави. Вирішення цієї проблеми визначається розробкою комплексу заходів з енергозбереження, яке являє собою реалізацію правових, організаційних, науково-виробничих, енерготехнічних та економічних заходів, що сприяє ефективному використанню електричної енергії та паливно-енергетичних ресурсів.

Енергетична проблема завдяки глибокому проникненню енергетики в усі галузі економіки на фоні інтенсивного світового розвитку сприяє зростанню ролі енергозбереження [1].

Проблема енергозбереження шляхом зменшення енергетичних витрат являє собою один з найбільш ефективних напрямів науково-технічного прогресу і стає вирішальним фактором у світовому аспекті.

Питання енергозбереження являє собою визначальний фактор тривалої дії і впливу на економіку будь-якої держави, що і підтверджує актуальність вирішення його.

**Метою досліджень.** Метою досліджень є: оцінка ефективності та доцільності енергозберігаючих заходів, в т.ч. при пропагуванні ідеї енергозбереження у різних галузях народного господарства та на всіх рівнях, включаючи населення.

**Основні матеріали досліджень.** Енергетика, як галузь виробництва, розвивається небачено швидкими темпами, незважаючи на військові дії, являє собою галузь, яка має суттєве значення для виробництва та життєзабезпечення сучасного суспільства. Вона є нині найважливішим матеріальним засобом, який використовують у виробництві практично в усіх галузях економіки [2].

Разом з тим, електрична енергія не зовсім звичний товар: потрібно, щоб живлення електроенергії відбувалося постійно, її не можна зберігати у великих об'ємах; її якість неможливо перевірити перед використанням.

Електрична енергія являє собою єдиний вид продукції, яка для свого транспортування від джерела до споживача витрачає свою частину і не вимагає для цього інших ресурсів. При цьому треба пам'ятати, що транспортування любых матеріальних предметів вимагає витрат енергії, що є характерною особливістю електроенергії. Специфікою електроенергії, яка фактично являє собою продукт споживання, є те, що вона може погіршуватися ще до її постачання, а споживач змушений її використовувати з якістю, яку погіршує інший споживач.

Дослідженнями встановлено, що при умові витрат на електроенергію більше 29 – 30 % вартості виробленої продукції підприємство знаходиться на межі банкрутства, при 24 – 29 % – підприємство стає безприбутковим і тільки у випадку, коли витрати на електроенергію не перевищують 24 % підприємство стає прибутковим [3, 4].

Розвиток електроенергетики у світі на фоні мінімізації витрат енергії на одиницю продукції обумовив появу нових концепцій, а саме:

- внесення змін в умови роботи енергетичного ринку;
- необхідність врахування зростання вимог споживача до якості електроенергії;

– розвиток науково-технічного прогресу із врахуванням необхідності створення нового високоефективного і енерго-зберігаючого електрообладнання, приладів силової електроніки тощо.

Енергетична проблема особливо актуальна в Україні, яка, маючи значну кількість сучасних енергоємних галузей економіки, в т.ч. машинобудування, хімічну промисловість, сільське господарство та ін., має можливості задовольнити свої потреби власними паливно-енергетичними ресурсами тільки на 45 – 55 %. Таким чином проблема енергозбереження України є не тільки проблемою енергетичної, але і фактично національної безпеки нашої країни, де саме життя примушує нас витратити якомога менше енергії, використовуючи її ефективно і раціонально, тобто вирішення задач енергозбереження повинні стати для нас однією із загальнонаціональних ідей [2].

Однією з головних причин існування енергетичної проблеми у нас в Україні є висока енергоємність валового продукту, що обумовлюється питомою вагою паливно-енергетичних ресурсів та високим рівнем витрат електричної енергії. Так, наприклад, питома вага енергоносіїв у процесах виробництва продукції сягає 14 – 22 % проти 2,5 – 4,0 % у високорозвинутих країнах, а енергоємність, у рази (5 – 12) вища ніж у більшості країн світу.

Все це підтверджує необхідність та своєчасність вирішення головного елемента енергетичної проблеми – енергозбереження.

**Висновок.** Проблема енергозбереження у сенсі розвитку енергетики безпосередньо пов'язана із оцінкою якості енергії. Серед найбільш загальних підходів у стратегії енергозбереження треба максимальну увагу приділити методам раціонального використання електроенергії в усіх галузях народного господарств. Пріоритетними напрямками при цьому слід вважати застосування сучасних новітніх ресурсозберігаючих технологій у сфері електротехнічних об'єктів, методів математичного моделювання та оптимізації при вирішенні питань щодо систем електропостачання та електроспоживання; широкого використання і пошуку нових джерел енергії та її акумуляції.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Арутюнян А. А. Основи енергосбереження / А. А. Арутюнян. – М.: Энергосервис. – 2007. – 600 с.
2. Іноземцев Г. Б. Енергозбереження в системах електропостачання сільського господарства: Навч. посібник / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, О.В. Окушко; за ред. Г.Б. Іноземцева. – К.: «ЦП «КОМПРИНТ». – 2015. – 151 с.
3. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк; за ред. А. К. Шидловського. – К.: УЕЗ. – 1998. – 512 с.
4. Корчемний М. О. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. О. Корчемний, В. С. Федорейко, В. Г. Щербань. – Тернопіль: Підручник і посібник. – 2001. – 984 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ  
НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Олійник Ю. О., e-mail: [oljinik1202@ukr.net](mailto:oljinik1202@ukr.net)

Чміль А. І., д.т.н., проф., e-mail: [a.chmil@ukr.net](mailto:a.chmil@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день найбільшою проблемою тваринництва є утворення великої кількості гною та посліду, як в Україні так і у всьому світі. Нажаль у вільному доступі відсутня інформація, щодо поводження з гноєм на тваринницьких комплексах, а в малих свиновідгодівельних фермах до 1000 гнойові стоки не обробляються взагалі. Стічні води є одним із головних факторів забруднення гідросфери, в умовах зміни клімату постійного погіршення стану довкілля невідкладним завданням є знаходження шляхів підвищення якості очищення та обробки стічних вод. Крім того на сьогоднішній день актуальним завданням стає зменшення площ, які займають очисні споруди та зменшення розмірів санітарно-захисних зон навколо них. Вимоги які ставлять до проектування очисних споруд є оптимальні параметри і структури, які забезпечували б високий ступінь очищення. Для вирішення проблем пов'язаних із обробкою та утилізацією гнойових стоків, розроблено електроімпульсну установку [7].

**Метою досліджень.** Зниження енерговитрат на свинокомплексах шляхом електроімпульсної обробки відходів.

**Основні матеріали досліджень.** Стічні води можуть містити речовини, які надто сильно уповільнюють процес біохімічного окислення або чинять токсичну дію на мікроорганізми. Стічні води тваринницьких комплексів характеризуються органічним та мінеральним забрудненням, вони можуть мати різний склад, що призводить до неможливості визначення окремих компонентів забруднення. Через це виникла необхідність знаходження таких показників, які б характеризували б певні властивості води без осібної ідентифікації окремих речовин.

Для оцінки ефективності роботи електроімпульсної обробки гнойових стоків обрано показник БСК - біологічне споживання кисню. Аналіз отриманих результатів показав, що обробки показник БСК<sub>5</sub> був 126 мгО/дм<sup>3</sup>, відповідно із збільшенням кількості розрядів, ефективність обробки збільшувалась, і з повторенням серії експериментів, різниця між отриманими експериментальними показниками є незначна, про це, свідчить отриманий середній показник котрий становить 98 мгО/дм<sup>3</sup>. Проведення електроімпульсної обробки забезпечує зниження показника БСК<sub>5</sub> на 22%, що вказує на ефективність впливу електроімпульсної обробки.[5,6].

Показник завислих речовин один з найважливіших технологічних показників якості води, що дозволяє оцінити кількість осадів, що утворюються в процесі очищення стічних вод. Крім того, цей показник використовується як розрахунковий параметр при проектуванні первинних відстійників. Кількість завислих речовин – один з основних нормативів при розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод. Втрати при прожарюванні завислих речовин визначаються так само, як для сухого й щільного залишків, але виражаються зазвичай не в мг/л, а у вигляді процентного відношення мінеральної частини завислих речовин до їх загальної кількості за сухою речовиною. Цей показник називається зольністю [1].

Показник завислих речовин у результаті електроімпульсної обробки зменшився на 15 мг/дм<sup>3</sup>, у порівнянні із зразком без електроімпульсної обробки. Оскільки стічні води можуть потрапляти у відкриті водойми а також у підземні води, ще одним важливим показником оцінки ефективності обробки стічних вод електроімпульсними розрядами є вміст лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП). Даний показник використовують як санітарно-

показовий (індикаторний) мікроорганізм фекального забруднення водних об'єктів. У водних об'єктах показник індексу лактопозитивних кишкових паличок не повинен перевищувати 5000 КУО/дм<sup>3</sup> [2].

Показник індексу лактозопозитивних кишкових паличок стічних вод без електроімпульсної обробки становить 110000 КУО/дм<sup>3</sup>, тоді як, при використанні електроімпульсної обробки показник індексу лактозопозитивних кишкових паличок стічних вод зменшився до значення 90000 КУО/дм<sup>3</sup>, що на 20000 КУО/дм<sup>3</sup> менше. Оскільки оброблялись безпосередньо стічні води в яких міститься сеч та гноївка, а не вода із відкритих водойм які могли бути забруднені стічними водами тваринницького комплексу, зменшення показника індексу лактозопозитивних кишкових паличок можемо вважати позитивним результатом.

Одним з найбільш важко відокремлюваних забруднень є амонійний азот, який утворює в стічній воді досить складну систему рівноваги. У стічній воді одночасно присутні молекулярно-розчинені речовини, що мають аміногрупи (аміни), молекулярно розчинений аміак і азот амонійний в іонній формі. Сума концентрацій даних забруднень характеризує загальну кількість органічного азоту. Рівноважне співвідношення між концентраціями амінів, аміаку та іонів амонію цілком і повністю залежить від рН базової води, а найголовніше від її власного лужного резерву (лужності - Л). Іншими словами, співвідношення між концентраціями амінів, аміаку та іонів амонію визначається індивідуальними особливостями базової води господарсько-питного призначення та є специфічним для кожного конкретного об'єкта.

Отже, при заданому значенні рН азот амонійний знаходиться в стічній воді в шести станах:

- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - іон амонію відповідний станом іонного розчину;
- NH<sub>3</sub> - газоподібний аміак знаходиться в вигляді молекулярного розчину;
- NH<sub>2</sub>R - речовини, що містять аміногрупи, які можуть знаходитися у воді в зваженому, ультразваженому, колоїдному, постколоїдному і молекулярно розчиненому станах [3,4].

Після електроімпульсної обробки показники амонію знизились в середньому на 15%, що вказує на позитивний вплив застосованого методу.

**Висновок.** Отримані результати показують, що вплив електроімпульсної обробки при обраних оптимальних параметрах експериментальної установки забезпечує ефективність очищення стічних вод свиновідгодівельних комплексів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пазюк, В. М., Токарчук, О. А. Основні характеристики осадів стічних вод." *Техніка, енергетика, транспорт АПК*" 2022. № 1 (116). С. 96-104.

2. Слива, Ю. В., Хомічак, Л. М., Логвін, В. М., Маринін, А. І. Вплив електрогідравлічного ефекту на мікрофлору дифузійного соку.

3. Терещенко, О. М., Бассак, А. О., Очищення води від сполук амонійного азоту. *Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (21-22 травня 2020 р., Київ, Україна).*

4. Корисний ресурс, точка доступу: <https://studfile.net/preview/5198856/page:4/>

5. Поручник, М. М., Поручник, М. Н Санітарно-гігієнічна оцінка території СВК Племзаводу агрофірма «Миг-Сервіс-Агро», 188-193.

6. Хільчевський, В. К., Забокрицька, М. Р. Хімічний аналіз та оцінка якості природних вод, 78с.

7. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Науково-технологічні засади удосконалення екологічно безпечних процесів водовідведення. Шаманський Сергій Йосипович КІІВ 2019, 45 с.



ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНОЇ ЛІНІЇ В РОЗПОДІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ  
МЕТОДОМ ВВЕДЕННЯ СИГНАЛУ

Пазій В. Г., ст. викл., e-mail: [pazziy@btu.kharkov.ua](mailto:pazziy@btu.kharkov.ua)  
Qawaqzeh M. Z., к.т.н., доц., e-mail: [gawaqzeh@bau.edu.jo](mailto:gawaqzeh@bau.edu.jo)  
Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: [omiroshnyk@ukr.net](mailto:omiroshnyk@ukr.net)  
Середа А. І., к.т.н., доц., e-mail: [ais66@ukr.net](mailto:ais66@ukr.net)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Однофазне замикання на землю в мережі з глухозаземленою нейтраллю характеризується значними струмами, при цьому захист вимикає лінію, що призводить до перебоїв в електропостачанні [1]. У мережі з ізольованою або з заземленою через дугогасні реактори нейтраллю струми на землю мають досить незначні величини і робота мережі з такими пошкодженням можлива деякий час до усунення несправності [2]. У таких мережах через складні характеристики такої системи заземлення складніше реалізувати визначення пошкодженої лінії.

Існують різні методи та обладнання для визначення пошкодженої лінії, що використовують різні алгоритми. Умовно їх можна розділити на такі, що фіксують перехідний сигнал несправності, або так звані пасивні методи і активні методи, які передбачають введення в лінію сигналу з певними параметрами [3]. Як показують дослідження, точність пасивних методів важко гарантувати, а також реалізувати інженерно, а також через невелику тривалість перехідного процесу замикання важко зробити вибірку даних. Більш перспективним методом для вирішення зазначених завдань є метод введення сигналу, що є різновидом активного визначення пошкодженої лінії [4]. Існують різні алгоритми та параметри сигналу, що використовуються для реалізації даного методу, що мають як переваги, так і недоліки. Тому досить актуальним є дослідження та удосконалення методу визначення пошкодженої лінії на основі введення сигналу змінного струму, що передбачає такі особливості: під час нормальної роботи розподільної мережі її параметри контролюються в режимі реального часу, визначається математична модель та виявляються зміни в роботі. Після виникнення несправності частота сигналу введення вибирається динамічно. При обробці сигналу використовується швидке перетворення Фур'є (APFFT).

**Метою досліджень** є дослідження та удосконалення методу визначення пошкодженої лінії на основі введення сигналу змінного струму.

**Основні матеріали досліджень.** Для подачі тестового сигналу в пошкоджену лінію використовується схема, що містить заземлюючий трансформатор, призначений для утворення нульової точки мережі. До нього підключається узгоджувальний трансформатор, через який в лінію вводиться сигнал від зовнішнього джерела. Введений струм і напругу можна аналізувати за складовими нульової послідовності, які будуть генеруватися через заземлюючий трансформатор на стороні вищої напруги. Після замикання на землю напруга нейтральної точки різко змінюється. Джерело сигналу вводить сигнал певної частоти в розподільну мережу і визначає вектор напруги та вектор струму. Потім вибірка сигналу здійснюється в початковій точці кожної вихідної лінії. Аналізуючи сигнал, що вводиться до кожної лінії, можна реалізувати визначення пошкодженої лінії.

Метод введення сигналу використовує вторинну сторону для моніторингу комплексних параметрів розподільної мережі та визначення пошкодженої лінії, що має високу безпеку. Виключається робота в первинних колах електричної мережі, що знижує ризик небезпеки.

Для реалізації динамічного вибору частоти введеного сигналу, математична модель розподільної мережі в нормальному режимі повинна бути у режимі реального часу. Пропонується тричастотний метод введення сигналу для моніторингу параметрів розподільної мережі в режимі реального часу при нормальному режимі роботи. Спосіб дозволяє забезпечити безперервність електропостачання розподільної мережі.

Оскільки режими роботи мережі з ізольованою та компенсованою нейтраллю дещо відрізняються, то в залежності від режиму потрібно використовувати відповідну модель, що враховує необхідні параметри, зокрема імпеданс всієї системи  $Z$ , пропускну здатність  $Y$ , її уявну частину  $B$ , загальну розподілену ємність  $C_0$ , а також індуктивність дугогасного реактора  $L$ . Останні два параметри є основними, оскільки вибір частоти сигналу, що вводиться враховує його напрямок на стороні вищої напруги.

Для того, щоб якомога більше сигналу надійшло до пошкодженої лінії слід вибрати різну частоту введення для різних систем розподільної мережі. Оскільки математичні моделі для ізольованої та заземленої через дугогасний реактор систем заземлення різні, вибір частоти введення слід аналізувати окремо від двох режимів заземлення.

У процесі вимірювання даних розподільної мережі отримується наближений сигнал. Для отримання сигналу з відповідним частотним діапазоном можна використовувати дискретне перетворення Фур'є (DFT) і швидке перетворення Фур'є (FFT). У процесі перетворення, оскільки наближений сигнал не є абсолютно точною копією вихідного сигналу, виникає явище спотворення спектру. Розрахований спектр матиме похибку відносно реального значення. Тому для вирішення проблеми спотворення спектру та отримання точних даних частотної області та власної фазової інваріантності використовується APFFT. При виникненні в розподільній мережі однофазного замикання на землю, пошкоджена лінія буде споживати більше активної потужності. Таким чином, порівнявши споживання введеного сигналу в кожній лінії можна покращити перешкодостійкість методу. Критерій оцінки виникнення несправності є значення напруги нейтральної точки. Коли амплітуда напруги нейтральної точки перевищує 20% амплітуди нормальної фазової напруги, вважається, що виникла несправність.

**Висновки.** Запропоновано спосіб визначення пошкодженої лінії з замиканням на землю на основі методу введення сигналу в системах заземлення нейтралі з малими струмами замикання на землю, що має такі особливості:

- метод введення сигналу дає змогу підвищити точність використання базового методу при визначенні пошкодженої лінії в системі з ізольованою чи компенсованою нейтраллю.

- динамічний вибір частоти сигналу є досить ефективним при використанні в розподільних мережах, які характеризуються мінливістю характеристик.

- APFFT обробляє вибірковий сигнал, виділяє основну пелюстку, пригнічує бічну пелюстку і зменшує помилку, викликану спотворенням спектру.

- критерій вибору лінії порівнює не амплітуду введеного сигналу, а активну потужність введеного сигналу після несправності, що підвищує точність визначення пошкодженої лінії.

- даний метод визначення пошкодженої лінії на основі подачі сигналу може бути реалізований за умови високого опору заземлення нейтралі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пазій В. Г. Підвищення ефективності експлуатації електричних ліній 6-35 кВ за рахунок моніторингу аварійних ситуацій / Пазій В. Г., Черемісін М. М., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків : ХНТУСГ, 2018.

2. Pazyi V., Miroshnyk O., Moroz O., Trunova I., Savchenko O. Halko S. Analysis of technical condition diagnostics problems and monitoring of distribution electrical network modes from smart grid platform position/ // 2020 IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS 2020 - Proceedings 2020, pp. 164-169.

3. M. Pignati, L. Zanni, P. Romano, R. Cherkaoui, and M. Paolone, "Fault detection and faulted line identification in active distribution networks using synchrophasors-based real-time state estimation," IEEE Trans. Power Del., vol. 32, no. 1, pp. 381-392, Feb. 2017

4. M. Salehi and F. Namdari, "Fault classification and faulted phase selection for transmission line using morphological edge detection filter," IET Gener., Transmiss. Distrib., vol. 12, no. 7, pp. 1595-1605, Apr. 2018.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ УСТАЛЕНОГО ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИСТРОЮ «РЕЛСІС РЗЛ-05»

Панов А. О., асис., e-mail: [panovanton1994@gmail.com](mailto:panovanton1994@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** На даний час питання якості електроенергії є самим актуальним і в той час важко реалізованим. Тобто, для регулювання якості електр показників якості.

**Метою досліджень.** Метою дослідження є підвищення ричної енергії, ми маємо мати данні більше п'яти головних показників якості електроенергії. Тому є актуальним створити систему автоматизованого регулювання або контролювання показників якості електроенергії за рахунок жорсткого контролю деяки

якості електроенергії та ефективності постачання або споживання електричної енергії в розподільних мережах шляхом удосконалення регулювання якості конкретних показників електричної енергії.

**Основні матеріали досліджень.** Для дослідження регулювання показників якості електричної енергії було обрано один конкретних показник, а саме усталене відхилення напруги [1]. Було обрано пристрій РЗЛ-05.РПН фірми Релсіс, який призначений для виконання функції управління електроприводом РПН 2-х або 3-х обмотувального силового трансформатора під навантаженням при автоматичному, дистанційному і місцевому регулювання напруги трансформатора шляхом зміни коефіцієнтів трансформації, контролю рівня напруги і підтримки його в заданих уставками межах шляхом формування команду правління виконавчим пристроєм (приводом РПН) і контролю його роботи; реалізації логіки необхідних блокувань і функцій захисту. Пристрій РЗЛ-05.РПН забезпечує індикацію поточного положення РПН (номери ступеня). Уставка «Уставки» → «РПН» → «Ступінь РПН» задає поточний ступінь положення приводу від 1 до 100. Уставка необхідна для синхронізації положення внутрішнього програмного лічильника поточної щаблі з реальним становищем приводу. Поточний рівень РПН також можна задати за допомогою кнопок «Додати» та «Зменшити» на ПП. Для цього необхідно параметр «Управління з ПП» встановити у положення «Початкова позиція» та за допомогою кнопок додавати або зменшувати значення поточного ступеня, контролюючи пункт меню "Поточна ступ РПН". Даний режим керує лише лічильником поточного ступеня [2]. По закінченню налаштування параметра "Керування з ПП" повернути в попередню позицію. Уставка «Уставки» → «РПН» → «Початковий ступінь РПН -1» задає початкову дозволу ступінь регулювання від 0 до 99. Якщо поточний ступінь РПН буде меншим, ніж «Початковий ступінь РПН -1», то видаватиметься сигналізація на реле К12 «Лічильник менше», на реле К7 «Сигналізація» та на СДІ12 «Збій лічильника». Функція потрібна для видачі сигналізації при досягненні поточного рівня РПН деякого значення при зменшенні. Значення повернення для початкового ступеня задається уставкою «Початковий ступінь РПН», воно має бути більше значення уставки «Початковий ступінь РПН-1» на одиницю. Уставка «Уставки» → «РПН» → «Кінцевий ступінь РПН +1» задає кінцеву дозволу ступінь регулювання від 1 до 100. Якщо поточний ступінь РПН буде більшим, ніж «Кінцевий ступінь РПН +1», то видаватиметься сигналізація на реле К11 «Лічильник більше», на реле К7 «Сигналізація» та на СДІ12 «Збій лічильника». Функція потрібна для видачі сигналізації при досягненні поточного рівня РПН деякого значення при додаванні. Значення повернення для кінцевого ступеня задається уставкою «Кінцевий ступінь РПН», воно має бути менше значення уставки «Кінцева щабель РПН +1» на одиницю. Уставки щаблів РПН задаються за допомогою програми «Монітор-2», АСУ, а також за допомогою команд на передній панелі. При регулюванні напруги (автоматичному, ручному) поточний ступінь РПН розраховується пристроєм на основі введеної уставки поточного положення, що відповідає реальному положенню приводу та

відпрацьованих команд перемикавання. Поточне становище РПН передається до АСУ через інтерфейс RS-485. На рисунку 1 приведено структура випробування системи «Релсіс РЗЛ-05.РПН».



Рис. 1 – Структура випробувальної системи «Релсіс РЗЛ-05.РПН»: 1 – ПК; 2 – датчик положення привода ДП 5; 3 – показчик регулятор положення РПН; 4 – показчик положення РПН; 5 – пристрій мікропроцесорний для автоматичного управління РПН трансформатора «Релсіс РЗЛ-05»; 6 – РПН трансформатор

На електронно-обчислювальній машині задаються необхідні режими роботи, після чого розраховуються і виробляються цифрові вибори струмів і напруги. Ці вибори передаються в "Релсіс РЗЛ-05.РПН" [3]. Цифро-аналогові перетворювачі масштабують надходять цифрові вибірки і формують аналогові сигнали напруги. Одним з модулів програмного забезпечення "РЗЛ-05.РПН" є кореляція рівня регульованої напруги по струму навантаження. У цьому випадку програма дає можливість запрограмувати сигнал програми каналу за формулою. У пристрої "РЗЛ-05.РПН" реалізована струмовий компенсація з можливістю вибору 3-х формул, ("Уставка" → "Регулювання каналу n" → "Формула n"). Якщо при аналізі струмів і напруги граничні умови не порушені, тоді повертається вираз:

$$U_{np} \uparrow < U_{тек} < U_{np} \downarrow,$$

де

$$U_{np} \uparrow = U_{вгзн} + U_{к1},$$

$$U_{np} \downarrow = U_{вгзн} + U_{к1},$$

де,  $U_{np}$  - розрахункові значення напруги підтримки;  $U_{тек}$  - поточне значення напруги в регульованій секції;  $U_{к1}$  - розрахункове значення напруги компенсації;  $U_{вгзн}$  - установка нижньої межі при регулюванні напруги вгору (дати);  $U_{вгзн}$  - установка нижньої межі при регулюванні напруги вниз (зменшити).

**Висновок.** Тому, представлена система дозволяє з легкістю отримувати дані для обробки, після обробки, за допомогою цих даних автоматизовано вибирати потрібний метод регулювання та керування усталеним відхиленням напруги. Ця система також підходить для регулювання інших показників якості електричної енергії в розподільних мережах 0,4 – 10 кВ. Тобто, можна розглянути такий показник якості електроенергії, як коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовностями в електричних мережах. Де буде застосовуватися перемикавання комутації для коефіцієнтів несиметрії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Панов А. О. Розробка алгоритму регулювання усталеного відхилення напруги в розподільних мережах 0,4-10 кВ / Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. – Харків:ХНАДУ, 2021 – С. 170-174.
2. Прилад мікропроцесорний для автоматичного керування РПН трансформатора РЗЛ-05.РПН. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. - Інструкція з експлуатації. РЕЛСІС, 2020. Режим доступу: [www.relsis.ua](http://www.relsis.ua) (дата звернення 18.11.2022) Назва з екрана..
3. Прилад релейного захисту і автоматики мікропроцесорні РЗЛ-05, РЗЛ-06 (Монітор-2). [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Електронні дані. - Інструкція користувача. РЕЛСІС, 2017. Режим доступу: [www.relsis.ua](http://www.relsis.ua) (дата звернення 18.11.2022) Назва з екрана.

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КОМПЕНСАЦІЇ ГАРМОНІЧНИХ  
СКЛАДОВИХ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Сивенко М. М., аспірант, e-mail: [michael.syvenko@gmail.com](mailto:michael.syvenko@gmail.com)  
 Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: [omiroshnyk@btu.kharkov.ua](mailto:omiroshnyk@btu.kharkov.ua)  
 Пазій В. Г., ст. викл., e-mail: [pazziy@btu.kharkov.ua](mailto:pazziy@btu.kharkov.ua)  
 Дудніков С. М., к.т.н., доц., e-mail: [dukaser@ukr.net](mailto:dukaser@ukr.net)  
 Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Наявність гармонійних компонентів, а також відхилення напруги і частот негативно позначаються на роботі локальних систем електропостачання та на ефективність використання електроенергії. Тому була досліджена проблема моніторингу і забезпечення якості електричної енергії на прикладі виявлення і придушення гармонік високих порядків струмів і напруги на різних ділянках мережі. Розроблено принципи побудови системи моніторингу, та реалізації методики, що заснована на використанні РМУ. Розроблено метод визначення оптимальних значень реактивних опорів для зниження рівня гармонійних коливань в локальних мережах з використанням динамічного компенсатора спотворення напруги.

**Мета досліджень.** Підвищення ефективності роботи локальних систем електропостачання шляхом контролю розподілу гармонік та впливу на керовані реактивні елементи системи за допомогою динамічного компенсатора спотворень напруги метод послідовних наближень.

**Основні матеріали досліджень.** На основі аналізу розподілення гармонік вищих порядків на різних ділянках енергосистеми можна створити схему управління роботою керованих конденсаторних компенсуючих пристроїв, активних і пасивних фільтрів[3]. Для проведення цієї процедури можливе використання приладів векторних вимірювань (РМУ). Для цього в вузлових точках енергосистеми (генератори, розподільчі підстанції) встановлюються датчики для вимірювання миттєвих значень струмів і напруг. Після обробки цієї інформації приймається рішення про вплив за допомогою динамічного компенсатора спотворень напруги (ДКСН) на змінні (керовані) реактивні елементи - ємність  $C_r$  і індуктивність  $L_r$ .

Використовуючи метод послідовних наближень, суть полягає в довільній зміні в малих межах одного з параметрів, наприклад, регулювану індуктивності, можливо здійснювати спостереження за реакцією системи. В якості цільової функції використовується відношення потужності основної гармоніки  $P_1$  до потужності гармонік більш високих порядків  $P_{HH}$ .

$$\frac{P_2}{P_{HH}} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

де:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  - значення змінних реактивних елементів, що впливають на частотні властивості мережі.

Слід зазначити, що  $x_1, x_2$ , є змінними величинам, котрі можуть бути змінені дистанційно з центру управління. Значення  $x_3, x_4$  і т.д. є квазіпостійними і змінюються в процесі зміни режимів роботи системи [2].

На рис. 1.а представлена спрощена схема заміщення локальної системи електропостачання. Для демонстрації підходу, як приклад при розрахунках, передбачається, що в напрузі присутня тільки третя гармоніка. Вона генерується як джерелом (генератором)  $e_g$ , так і нелінійним навантаженням  $e_3$ , а також є два змінних реактивних елемента: ємність  $C_r$ , індуктивність  $L_r$ . З метою визначення принципіальної можливості налаштування змінних і пояснення підходу, розглянемо окремих випадок. Необхідно забезпечити максимально високу якість електричної енергії в точці приєднання ( $ab$ ) лінійного електроприймача.

Припустимо, що індуктивність генератора  $L_g$ , розподілена ємність  $C_d$ , розподілена індуктивність  $L_d$  і індуктивність споживачів  $L_{nc}$  і  $L_{lc}$  незмінні. А регульована ємність  $C_r$ , індуктивність регульованого реактора  $L_r$ , вважаються змінними величинами.

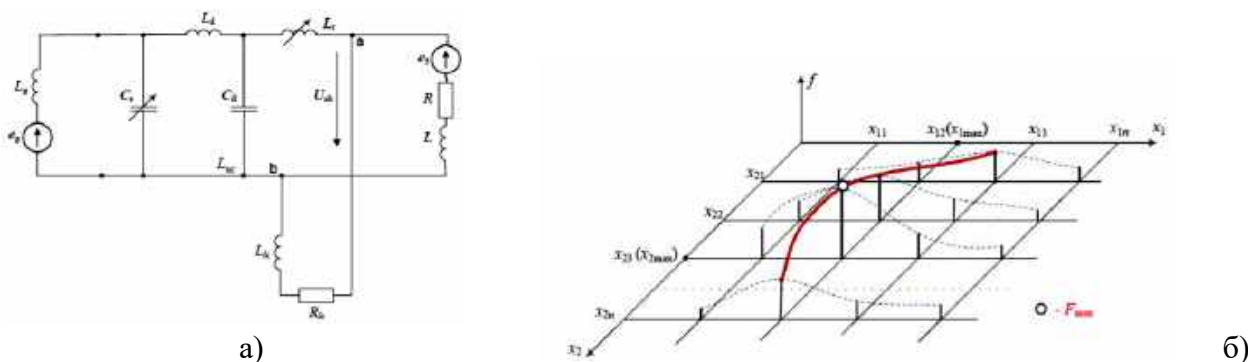


Рис. 1. а - схема заміщення локальної системи електропостачання, б - визначення максимуму цільової функції

На рис. 1.б графічно показана процедура визначення максимуму цільової функції при двох мінливих параметрах мережі [1-2]. В даному випадку  $x_1$  - змінна ємність, а  $x_2$  - змінна індуктивність. У цю модель вводяться початкові числові параметри постійних значень  $x_3, x_4$  та інші, а також мінімальні значення діапазону змінних  $x_1$  і  $x_2$ . Потім, фіксуючи перше значення змінної  $x_2$  на початку заданого діапазону ( $x_{21}$ ) збільшуємо змінну  $x_1$  з кроком  $\Delta x_1$ , від мінімального до максимального значення діапазону. Для кожного значення параметра  $x_1$  розраховується співвідношення  $P_1/P_{HH}$  на ділянці мережі ( $ab$ ) (рис. 1). Для цього використовуються традиційні методи розрахунку електричних мереж. Знаходимо значення  $x_{1max}$ , що відповідає максимальній цільовій функції (1), при даному значенні  $x_{21}$ . Далі задається приріст змінної  $x_2$  з кроком  $\Delta x_2$ :

$$x_{21} + \Delta x_2 = x_{22} \quad (2)$$

В наступному операція зміни  $x_1$  повторюється знову для всього діапазону. В результаті знаходимо значення  $x_{1max2}$  при  $x_{22}$ . Цей процес триває до тих пір, поки змінна  $x_2$  не досягне верхньої межі діапазону її зміни. Через отриманий масив даних визначаються кінцеві значення  $x_{1max}, x_{2max}$ . Ці значення відповідають найвищому з максимумів цільової функції. Основуючись на цих даних формується схема управління виконавчими механізмами ДКСН. У свою чергу пристрій ДКСН змінює значення  $f_1$  і  $f_2$  до  $f_{max1}$  і  $f_{max2}$ .

**Висновок.** Основуючись на аналізі розподілення гармонік вищих порядків за допомогою приладів векторних вимірювань, що розташовані в різних вузлових точках енергосистеми, та проводять вимірювання миттєвих значень струмів і напруг стає можливим найбільш ефективно використання динамічного компенсатора спотворень напруги при роботі за методом послідовних наближень.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Syvenko, M., Miroshnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Pavlov, A., Pazyi, V., Qawaqzeh, M., AlIssa, H.A., Danylchenko, D., Halko, S., Buinyi, R. Coverage of Load Schedule Peaks Using Power Storage Systems in 10 kV Electrical Distribution Networks (2022) 2022 IEEE 3rd KhPIWeek on Advanced Technology, KhPIWeek 2022 – Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916479
2. Chris, M. Microgrid Evolution Roadmap Engineering, Economics, and Experience / M. Chris, S. Chatzivasileiadis, C. Abbey, G. Joos, P. Lombardi, P. Mancarella // 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST15)
3. Кулік М. М., Горбулін В. П., Кириленко О. В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали) / Інститут загальної енергетики НАН України, 2017.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ  
ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ПІД ЧАС ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Трунова І. М., к.т.н., доц., e-mail: [trunova\\_iryana@btu.kharkov.ua](mailto:trunova_iryana@btu.kharkov.ua)

Чигринець К. Д., магістр, e-mail: [mrchigrinets@gmail.com](mailto:mrchigrinets@gmail.com)

Іванченко О. В, бакалавр, e-mail: [allo290416117@ukr.net](mailto:allo290416117@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Згідно з Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів [1] на кожному підприємстві необхідно забезпечити ефективні режими використання електричної енергії. Також типова методика «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту» [2] передбачає, що одним із завдань енергоаудитора є аналіз споживання паливно-енергетичних ресурсів в енергоємних системах, технологічних установках, технологічних процесах та підрозділах. Енергетичний аудит системи мікроклімату тваринницьких приміщень (як правило, найбільш енергоємної системи забезпечення функціонування технологічного процесу) базується на аналізі витрат теплової енергії з приміщення та надходження теплової енергії, тобто на аналізі складових теплового балансу приміщення. При цьому, алгоритм розрахунків має враховувати багато чинників впливу на ці складові, в тому числі, фізіологію тварин. Тому дослідження математичної моделі теплового балансу тваринницького приміщення з метою розробки заходів з підвищення енергоефективності технологічного процесу є актуальним завданням.

**Основні матеріали досліджень.** Узагальнена математична модель теплового балансу тваринницького приміщення, що використовується під час енергетичного аудиту, може бути представлена у вигляді

$$Q_{oz} + Q_v = Q_{on} + Q_m, \quad (1)$$

де  $Q_{oz}, Q_v, Q_{on}, Q_m$  – відповідно витрати теплової енергії через огороження та з вентиляційним повітрям (витратна частина теплового балансу) та надходження теплової енергії від системи опалення та тварин (прибуткова частина теплового балансу) [3,4].

Дослідження математичної моделі теплового балансу тваринницького приміщення на прикладі приміщення для утримання молодняку великої рогатої худоби віком від 6 до 18 місяців виконувалися за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel. Були розроблені комп'ютерні програми відповідних розрахунків, фрагмент однієї з них (комп'ютерної програми розрахунку втрат тепла через огороження приміщення) приведений на рисунку 1.

A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
Висхідні дані для розрахунку		Термічні опори, (м <sup>2</sup> *год*°C)»Дж				Загальний коефіцієнт теплопередачі, м <sup>2</sup> /(год*град*°C)				Площа, м кв				Витрати тепла через огороження (кДж/год) при температурі зовнішнього повітря (град C)									
		стіл	скала	рам	стелі	воріт	стіл	скала	рам	стелі	воріт	стіл	скала	рам	стелі	воріт	стіл	скала	рам	стелі	воріт		
3	Оптимальна температура тварини, °C	10										126	50	496	612	25	-23					166578	
4	Розміри приміщення:											126					-20						242617
5	довжина, м	51										23,5					-15						202181
6	ширина, м	22										23,5					-10						161745
7	висота, м	3															-5						121922
8	Загальна площа скали вікон, м кв.	49,6															0						80881
9	Загальна площа рам вікон, м кв.	496															5						40441
10	Площа воріт, м кв.	25																					
11	Товщина стін, м	0,4																					
12	Теплопровідність стін,Дж/(м*год*°C)	2,931	0,136					5,5															

Рис. 1 - Фрагмент електронної таблиці з комп'ютерною програмою розрахунку втрат тепла через огороження приміщення

Результатом дослідження стали отримані аналітичні вирази для використання в комп'ютерних розрахунках. Наприклад, нехтуючи незначною зміною тепломісткості повітря від температури зовнішнього повітря, була отримана узагальнена квадратична залежність втрат теплової енергії з вентиляційним повітрям залежно від температури зовнішнього повітря з коефіцієнтами, що є незмінними при незмінних конструктивних особливостях природної вентиляції тваринницького приміщення (загальної площі перерізу та висоти вентиляційних шахт).

Також дослідження показали, що при певних конструктивних особливостях приміщення залежність втрат теплової енергії через огороження від температури зовнішнього та внутрішнього повітря при деякій нормованій зоотехнічними документами [5] оптимальній температурі утримання тварин можна представити у вигляді лінійної залежності з коефіцієнтами, що є також незмінними при незмінних конструктивних особливостях приміщення (виду, товщині та теплопровідності конструкцій).

Аналіз прибуткової частини теплоенергетичного балансу (1) також необхідний для енергетичного аудиту та для ефективного керування системою мікроклімату тваринницького приміщення. Надходження тепла від системи опалення ( $Q_{on}$ ) має перевірятися за технічними характеристиками та керуватися залежно від інших складових теплоенергетичного балансу для енергоефективного підтримання необхідних параметрів мікроклімату приміщення згідно [5]. Тому дуже важливо врахування ще однієї складової теплоенергетичного балансу – надходження тепла від тварин ( $Q_m$ ). З цією метою була розроблена блок-схема алгоритму розрахунку кількості виділення теплової енергії тваринами з врахуванням виду, продуктивності, ваги тварин з врахуванням аналогічних прикладів та емпіричних виразів за [6, 7].

**Висновок.** Необхідність врахування зоотехнічних вимог до мікроклімату тваринницьких приміщень та фізіологічних особливостей тварин вимагають розробки певних алгоритмів розрахунків для комп'ютеризованого аналізу енергоефективності та керування системою мікроклімату, що показано на прикладах отримання аналітичних виразів для визначення втрат теплової енергії через огороження приміщення, з вентиляційним повітрям природної вентиляції та розробленої блок-схеми алгоритму розрахунку надходження теплової енергії від тварин.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України»/ ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
2. Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту: Типова методика. [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України»/ ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0056656-10#Text> (дата звернення: 15.11.2022).
3. Трунова І. М. Практикум з енергетичного аудиту в АПК / І. М. Трунова, О. А. Савченко, О. В. Мірошник. – Х.: Фінарт, 2015. - 180 с.
4. Драганов Б. Х. Проектування систем тепlopостачання сільського господарства: Навч. посіб. — К.: Техніка, 2003. – 140 с.
5. Будівлі і споруди для тваринництва: ДБН В.2.2-1-95. – [Чинні з 1995-02-01]. - Держкоммістобудування України. – 40 с.
6. Трунова І. М. Фізіологічні показники тварин у розрахунку теплоенергетичного балансу приміщення/ І. М. Трунова // Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. - 2014. – №.154. – С. 8-9.
7. Трунова І. М. Вдосконалення методики розрахунку теплоенергетичного балансу тваринницьких приміщень/ І. М. Трунова, О. С. Андрусенко, Я. В. Ільченко// Вісник ХНТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. - 2013. – №.142. – С. 3-5.



ПРОБЛЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМАХ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБМЕЖЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Ягуп В. Г., д.т.н., проф., Церковний Д. О., e-mail: [yagup.walery@gmail.com](mailto:yagup.walery@gmail.com)

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

Ягуп К. В., д.т.н., проф.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

**Актуальність досліджень.** Компенсація реактивної потужності є важливою складовою енергетичної політики розвинених країн світу. Генерація електричної енергії є складною і високовартісною справою, пов'язаною із витратою таких природних ресурсів, як вугілля, нафта, газ та інше. Коефіцієнт корисної дії турбін для генерації електроенергії зазвичай не перевищує 30-40%, і перспективи його підвищення представляються сумнівними. В тракці передачі і споживання виробленої електроенергії виявляються додаткові втрати [1, 2]. Вони обумовлені такими і факторами, реактивності навантажень і ліній електропередачі, а також несиметрією навантажень в трифазних системах електропостачання. Це створює в системі циркулювання реактивної потужності, яка призводить до значних збільшень струмів, що вони споживаються від джерел електроенергії. Ці струми перевантажують лінії електропередачі, а внаслідок цього можуть суттєво спадати напруги у вузлах споживання електроенергії. Зазначені фактори актуалізують проблему компенсації реактивної потужності, оскільки саме вирішення цієї проблеми дозволяє саме на етапі передачі та споживання електроенергії суттєво підвищити коефіцієнти потужності та корисної дії. Ці проблеми свого часу ставилися на високий рівень і були регламентовані відповідними законодавчими актами і галузевими інструкціями.

**Основні матеріали дослідження.** На сьогоднішній день практично відсутні документи, які строго обмежують споживання реактивної потужності, а ті штрафи, які можуть накладатися на споживачів за надмірне споживання реактивної потужності, не стимулюють споживачів електроенергії до впровадження засобів компенсації реактивної потужності. Актуальними залишаються питання про встановлення відповідальності споживачів за створення реактивної потужності в системі електропостачання, в тому числі і шляхом умикання споживачів, що вносять асиметрію і несинусоїдальність споживаних струмів. В перспективі ці проблеми знайдуть своє рішення при модернізації електроенергетичних систем, застосування засобів силової та інформаційної цифрової електроніки, переходу до інтелектуальних систем [3, 4, 5]. Але зараз, в умовах воєнного часу, коли війська РФ цілеспрямовано виводять з ладу електричні підстанції та мережі, складається надзвичайно критична ситуація з електропостачанням. Внаслідок пошкоджень низки ліній електропередачі зростає навантаження на решту ліній. Крім того збільшується еквівалентний опір ліній електропередачі. Це призводить до збільшення втрат напруги і потужностей на лініях електропередачі і, напруга у вузлах навантажень значно знижується, а струми в лініях зростають. Це викликає необхідність аварійних відключень електропостачання. Поглиблюється негативний вплив несиметрії в трифазних системах. В таких умовах єдиним раціональним заходом слід признати застосування конусних конденсаторів як для симетрування систем фазних струмів і напруг, так і задля компенсації реактивних складових потужностей в системі. Застосування сучасних математичних методів і комп'ютерних засобів дозволяє ефективно вирішити проблему вибору ємностей комплекту конденсаторних батарей для досягнення оптимальних режимів систем електропостачання. Зокрема, запропонований метод пошукової оптимізації дає точні результати щодо параметрів компенсуючих і симетруючих пристроїв для трипровідних та чотирипровідних систем електропостачання при заданих параметрах мережі та навантаження [6-8]. Процес пошуку рішення відбувається при цьому завдяки застосуванню сучасних методів оптимізації. Використані вбудовані в програмні пакети методи на основі деформованого багатогранника

показали свою придатність для розв'язання задач цього класу. Сама система електропостачання представляється при оптимізації засобами візуального моделювання, що позбавляє дослідника необхідності складати системи складних рівнянь або програмувати рішення на алгоритмічних мовах.

**Висновки.** Заслугує уваги знаходження за допомогою пошукової оптимізації режиму повної компенсації реактивної потужності в системі електропостачання. При цьому компенсується не тільки реактивна потужність навантаження, але й реактивна потужність самої мережі. При певних умовах режим повної компенсації досяжний за допомогою тих же самих батарей конденсаторів, які шунтують навантаження, тобто, за допомогою поперечної компенсації. При сумірній індуктивності мережі відносно навантаження часткова компенсація лише реактивної потужності навантаження може не давати належного підвищення напруги у вузлах підключення навантажень. Напруги, близькі до номінальних, можуть бути отримані лише в режимі повної компенсації. До таких висновків призвели чисельні комп'ютерні експерименти на візуальних моделях із застосуванням методу пошукової оптимізації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Интермет Инжиниринг. 2006. 672 с.
2. Герасименко А. А., Герасименко А. А., Федин В. Т. Передача и распределение электрической энергии. Ростов-Дон: Феникс. 2006. 720 с.
3. Acha. E., Agelidis V.G., Anaya-Lara O., Miller T. J. E. Power Electronic Control in Electrical Systems. Newnes. 2002. 443 p.
4. European Smart Grids Technology Platform: vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. European Commission. 2006. 44 p.
5. Zubair Ahmed Memon, Mohammad Aslam Uqaili, Mukhtiar Ali Unar– Design of Three-Phase Hybrid Active Power Filter for Compensating the Harmonic Currents of Three-Phase System. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*. April 2012.
6. Ягуп В. Г., Ягуп Е. В. Определение режима компенсации реактивной мощности в четырехпроводной трехфазной системе электроснабжения с помощью поисковой оптимизации. *Технелектродинаміка*. 2016. № 1. С. 60–66. DOI:<https://doi.org/10.15407/>
7. Ягуп В. Г., Ягуп Е. В. Расчет параметров симметро-компенсирующего устройства трехфазной системы электроснабжения на основе декомпозиции системы. *Техн. електродинаміка*. 2016. № 6. С. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2016.06.020>
8. Ягуп В. Г., Ягуп Е. В. Применение оптимизационных методов для решения задач улучшения показателей электрических систем: Монография. – Харьков: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2017. – 170 с.

## СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 620.91

### СОНЯЧНА ТЕРМОДИНАМІЧНА ЕЛЕКТРОУСТАНОВКА НА ОСНОВІ ДВИГУНА СТІРЛІНГА

Бережнюк М. М., аспірант, e-mail: [bermukola@gmail.com](mailto:bermukola@gmail.com)

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського»

Головко В. М., д.т.н., проф., e-mail: [golovkovm@ukr.net](mailto:golovkovm@ukr.net)

Інститут відновлювальної енергетики НАН України

**Актуальність дослідження.** Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, на території України, знаходиться в межах від 1070-1400кВт•год/м<sup>2</sup>. Фотоелектричне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом 7 місяців (з квітня до жовтня) і досягати ККД 20%, проте сонячна термодинаміка установка на основі двигуна Стірлінга може бути більш ефективною при тих же показниках надходження енергії сонячного випромінювання.

**Метою досліджень.** Використання теплової складової енергії сонячного випромінювання за допомогою концентраторів на приймачі двигуна Стірлінга та додаткового джерела теплоти для забезпечення стабільності його роботи.

**Основні матеріали досліджень.** Середня ефективність виробництва електроенергії становить лише 33%, витрачаючи 67% первинної енергії на проміжні витрати теплоти та породжуючи викиди мільярдів тонн СО<sub>2</sub>. Крім того, 6% електроенергії, зазвичай, втрачається під час передачі та розподілу від електростанції до споживача. Альтернативою централізованому виробництву електроенергії є розподілена генерація, при якій електроенергія виробляється в точці споживання. Системи комбінованого виробництва теплоти та електроенергії можуть спалювати паливо для виробництва електроенергії, а також використовувати відпрацьовану теплоту для опалення приміщення або нагрівання води. Потенційна енергоефективність для таких систем становить понад 80%, і широке впровадження таких систем дозволить різко скоротити втрати енергії та викиди СО<sub>2</sub>. Установкою для комбінованого генерування теплоти та електроенергії може виступати двигун Стірлінга.

Двигун Стірлінга працює шляхом почергового нагрівання та охолодження газу зовнішнім джерелом теплоти (яким може бути сонячне випромінювання), отримуючи енергію від розширення та стиснення газу. Це призводить до різниці тисків, яка в свою чергу використовується для зміни положення поршня всередині двигуна. Термодинамічна нагрівальна машина перетворює різницю температур (теплову енергію) у механічну енергію (кінетичну енергію). Електричний генератор безпосередньо з'єднаний з валом двигуна Стірлінга, який перетворює механічну енергію в необхідну електричну енергію змінного струму, і тому являє собою систему, в якій різниця температур відіграє важливу роль. Вихідна потужність двигуна Стірлінга в основному регулюється зміною робочого тиску газу всередині поршневого циліндра.

Сонячне випромінювання містить у тисячі разів більше енергії, ніж споживається суспільством, але використання цієї чистої енергії може бути неефективним. Найпоширенішим методом є використання фотоелектричних модулів, які перетворюють сонячне випромінювання безпосередньо в електрику. Також можемо використовувати енергію Сонця для нагрівання води безпосередньо, але щоб отримати теплоту до температури, достатньої для роботи двигуна Стірлінга, необхідно сконцентрувати сонячне випромінювання, яке можна використовувати для виробництва електроенергії. Але одним з недоліком концентраційних систем на основі двигуна Стірлінга є те, що вони не можуть генерувати

миттєву електроенергію, оскільки їм бракує теплового накопичувача, який швидко охолоджується, коли не нагрівається Сонцем. Він працює лише тоді, коли світить Сонце, тому не може виробляти електроенергію в нічний час або в періоди похмурої погоди. Крім того, для теплових двигунів Стірлінга потрібен деякий час для розігрівання, перш ніж вони зможуть набирати корисну потужність. Однак будь-яку електричну енергію, вироблену сонячним генератором Стірлінга, можна зберігати в акумуляторах для використання в майбутньому.

Також, для підвищення стабільності роботи двигуна Стірлінга можна використовувати теплоту не тільки від сонячного випромінювання, а також від згоряння викопного чи біопалива домогосподарств. Очікується, що протягом кількох років цей тип технології буде використовуватися більш широко, паралельно з фотоелектричними станціями, як частини автономної системи живлення, що допоможе зменшити споживання електричної та теплової енергії.

До основних переваг використання двигуна Стірлінга з концентраційною установкою, як децентралізованої системи виробництва теплоти та електроенергії, можна віднести: незалежність енергозабезпечення, оскільки дані установки можуть допомогти домогосподарствам і підприємствам стати більш енергетично самостійними та менш чутливими до відключень електроенергії, завдяки розподіленому локальному виробництву електроенергії та теплоти; екологічність, оскільки широке впровадження високоефективних побутових установок може зменшити загальне споживання енергії та, як наслідок, зменшити викиди CO<sub>2</sub>, пов'язаних з виробництвом електроенергії; економічність, оскільки термодинамічні електроустановки на основі двигуна Стірлінга, що працюють від теплоти сонячного випромінювання та спалюванні природного газу, можуть запропонувати споживачам менші рахунки за електроенергію та опалення.

**Висновок.** Сонячна термодинамічна електроустановка на основі двигуна Стірлінга, є альтернативним варіантом для децентралізованого виробництва теплової та електричної енергії, оскільки такі установки мають переваги у вигляді незалежноенергетичності, екологічності та економічності. Проте обов'язково потребує додаткового стабільного джерела теплоти, наприклад від спалювання викопного або біопалива, оскільки нагрівач у даній установці швидко охолоджується, а також потрібен деякий час для розігрівання, перш ніж установка зможе набирати корисну потужність.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Advanced Research Projects Agency - Energy. URL: <https://arpa-e.energy.gov/technologies/projects/free-piston-stirling-engine-based-1kw-generator>
2. Alternative Energy Tutorials. URL: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-hot-water/stirling-engine-generator.html>

## ГРАВІТАЦІЙНІ АКУМУЛЯТОРИ ЯК НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ

Братчикова О. В., викл., e-mail: [olga19607755@gmail.com](mailto:olga19607755@gmail.com)

Братчикова О. С., викл., e-mail: [xahter3@gmail.com](mailto:xahter3@gmail.com)

Грицай В. А., інженер-електронік, e-mail: [Gritsay\\_v@ukr.net](mailto:Gritsay_v@ukr.net)

ВСП «Харківський фаховий коледж харчової промисловості ДБТУ»

**Актуальність дослідження.** Зрозуміло, що електричну енергію отримують від традиційних джерел - електростанцій. Людство дотепер продовжує тотально експлуатувати традиційні ТЕС, АЕС, ГЕС тощо. Ми гостро відчуваємо вплив науково-технічного прогресу у сфері енергетики і енергопостачання, що згодом привело до підвищення видобування таких енергоносіїв як вугілля, нафта і природний газ та застосування «мирного атому» на АЕС і неминуче може привести до вичерпання надр Землі. І тому питання про світові запаси енергоресурсів залишається актуальним.

У теперішній час в більшості випадків отримуємо електроенергію, спалюючи корисні копалини або використовуючи гідроелектростанції, і можемо без особливих зусиль регулювати виробництво електроенергії, тоді, коли з використанням відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей або вітрогенераторів) у нас з'являється така можливість.

**Метою досліджень** є питання принципово нових підходів до розв'язування актуальної задачі в отриманні електроенергії від відновлювальних джерел енергії, накопичування та її зберігання (акумуляції).

Для накопичування і зберігання надлишкової енергії використовують гравітаційні акумулятори. Гравітаційний акумулятор - накопичувач енергії, який зберігає потенційну гравітаційну енергію. Потенційна енергія, яка отримана від гравітаційних акумуляторів, як правило, використовується в непікові часи для підйому маси будь-якого вантажа, яка пізніше вивільняється для виробництва електричної енергії генератором, у періоди пікового попиту.

**Основні матеріали досліджень.** Гравітаційні накопичувачі енергії працюють за принципом, що застосовується у ГАЕС (Київська ЕС і Дністровська ЕС, Україна), тільки замість води (рідинний накопичувач) тут використовуються тверді матеріали. Пристрій накопичувача піднімає вантажі (бетонні блоки) на висоту (зарядка накопичувача) і скидає їх вниз (перетворення потенційної та кінетичної енергії в електричну). Коли блоки піднімаються за допомогою електродвигунів, електрична енергія перетворюється на потенційну, яка може зберігатися необмежено довго. Причому місткість такого акумулятора не зменшується з часом, як у хімічного. Якщо потрібно використовувати накопичений енергетичний запас, блоки опускають, і вони перетворюють свою потенційну енергію в електрику, розкручуючи мотори крана через троси.

**Висновок.** Створення системи накопичування енергії вигідно тому, що є ряд переваг: ефективність роботи, тобто ККД, може досягати приблизно 90%; технічний ресурс складатиме 30-40 років; забезпечує необмежену кількість циклів і зниження початкової ємності; витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та заміну деталей мінімальні, використання екологічно стійкої сировини.

Для виготовлення твердотільних накопичувачів може використовуватися будь-який доступний ґрунт, промислові відходи, що спрямовуються на звалища, вугільна зола, залишки гірських порід, тощо. Вартість такої гравітаційної системи нижча на 80%.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://energy365.com.ua/tpost/nyocmrkxm1-gravtatsinii-nakopichuvach-energ>
2. [https://elektrovesti.net/63449\\_indiyskaya-tata-power-kupit-gravitatsionnyu-nakopitel-energii-emkostyu-35-mvtch](https://elektrovesti.net/63449_indiyskaya-tata-power-kupit-gravitatsionnyu-nakopitel-energii-emkostyu-35-mvtch)
3. <https://turbotehsnab.ru/raznoe-2/mexanicheskie-nakopiteli-energii-akkumulyatory-energii-na-osnove-razlichnyx-ee-vidov.html>

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Гайдукевич С. В., ст.викл., e-mail: [soleykos@gmail.com](mailto:soleykos@gmail.com)

Семенова Н. П., ст.викл., e-mail: [0677524248@ukr.net](mailto:0677524248@ukr.net)

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Проблема створення оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання молодняку сільськогосподарських тварин до сьогодні залишається повністю не вирішеною, що веде до пошуку шляхів удосконалення існуючих систем і розробки нових прогресивних електротехнологій та засобів реалізації для задоволення питання підтримання нормативних мікрокліматичних параметрів з найменшими затратами електроенергії.

**Метою досліджень.** Розробка енергозберігаючої системи підтримання нормованих параметрів мікроклімату з метою підвищення енергоефективності тваринницьких приміщень.

**Основні матеріали досліджень.** Природа сама по собі дуже багата і ніхто не зауважує, що навколо нас існує енергія, яку можна застосовувати в широких масштабах, але її потрібно тільки реалізувати з найменшими витратами енергоресурсів.

Одним із енергоефективних та енергозберігаючих методів, що дають можливість економити природне паливо, знижувати забрудненість навколишнього середовища, а саме головне, задовольняти потреби споживачів є застосування теплових насосів, які здатні низько потенціальні теплові потоки перетворювати в потоки з вищим температурним рівнем. Тобто теплові насоси є одним із різновидів трансформаторів теплоти, які призначені для одержання теплоносія середнього та підвищеного потенціалу [1, с.156], що можна застосовувати для опалення приміщень утримання молодняку сільськогосподарських тварин.

Молодняк тварин дуже вразливий до змін нормованих параметрів приміщення, так як відхилення приводять до втрат через порушення імунної системи і чим менше вік тварин, тим більше енергії на їх утримання потрібно витратити. Тепловий баланс складається виходячи з умов забезпечення температурного режиму приміщення. Тобто, тепловий баланс визначається за надходженням і витратою теплоти в даному приміщенні, враховуючи вік тварин, кліматичні зони розташування та теплопровідність матеріалів. Розрахунок ведеться для найхолодніших місяців року і повинен бути позитивним.

Енергетичний баланс повітря тваринницького приміщення з врахуванням нормативних параметрів можна виразити за формулою:

$$Q_{оп.} = Q_{ог} + Q_{в} + Q_{вип} + Q_{об} - Q_{т}, \quad (1)$$

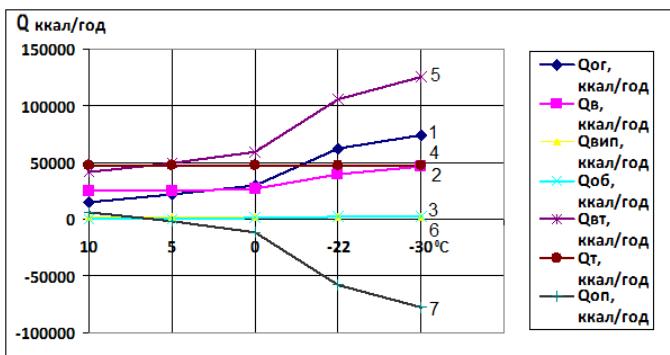


Рис.1 – Графік теплового балансу приміщення свинарника-маточника

де  $Q_{оп}$  – кількість теплоти необхідної для опалення приміщення свинарника-маточника розмірами 15x90x3м, ккал/год.;  $Q_{ог}$  – втрати теплотичез зовнішні огорожі приміщення, ккал/год.;  $Q_{в}$  – теплота, яка виноситься з приміщення повітрям при вентиляції, ккал/год.;  $Q_{вип}$  – теплота, яка витрачається на випаровування, ккал/год.;  $Q_{об}$  – втрати теплоти на обдуваемість, ккал/год.;  $Q_{т}$  – теплота, яка виділяється всіма

тваринами, що є в приміщенні, ккал/год.;  $Q_{от}$ - загальні витрати теплоти, ккал/год.

З проведеного моніторингу витрати і надходження теплоти в залежності від зміни теплового режиму, на прикладі тваринницького приміщення свинарника-маточника (Рис.1), встановлено, що в залежності від зміни зовнішньої температури найбільші тепловтрати в свинарнику-маточнику виникають через огорожуючі конструкції і вентиляцію.

Враховуючи всі фактори розроблено опалювальну систему на базі теплового насосу «повітря-вода» (Рис.2). Так як основним показником оптимального мікроклімату тваринницького приміщення являється температура, яка має безпосередній вплив на теплообмін і продуктивність тварин.

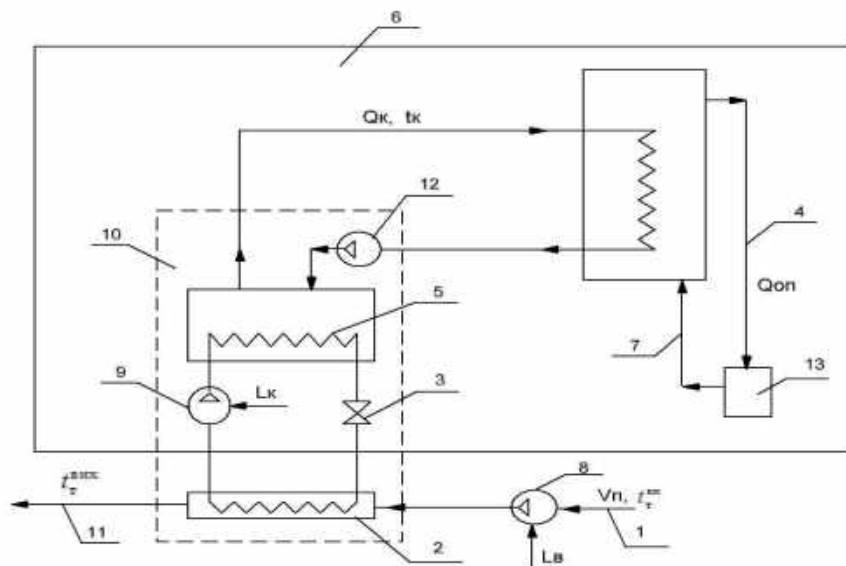


Рис.2 – Принципова схема системи опалення на базі теплового насосу

Принцип дії системи опалення базується на тому, що низькотемпературне джерело теплоти (повітря) з температурою  $t_T^{вх}$  й об'ємною витратою  $V_n$  подається у випарник теплового насосу, де охолоджується до температури  $t_T^{вих}$ . Опалюване приміщення характеризується загальними тепловими втратами у навколишнє середовище  $Q_{от}$ . Для їх компенсації використовується тепловий потік від конденсатора теплового насоса  $Q_k$  з температурою гріючого теплоносія  $t_k$  на вході в систему опалення.

При заданій тепловій потужності теплового насосу та температурі теплоносія в системі опалення, які визначаються самим об'єктом теплопостачання, температура теплоносія на виході з випарника теплового насоса  $t_T^{вих}$  є неоднозначною, оскільки кількість теплоти, відібраної від нижнього джерела енергії (атмосферного повітря) залежить як від різниці температур на вході та виході з випарника теплового насосу, так і від витрати теплоносія.

**Висновок.** Створення енергоощадної системи опалення тваринницького приміщення з використанням відновлювальних джерел енергії, тобто низькопотенційної теплоти атмосферного повітря, з використанням теплового насосу типу «повітря-вода» надає можливість комплексного вирішення проблеми теплопостачання з найменшими витратами електроенергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гайдукевич С. В., Семенова Н. П., Соловей І. М. Шляхи енергозбереження при забезпеченні мікроклімату учбових приміщень. *Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти*: колективна монографія / Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. – Полтава: ПП «Астроя», 2019. – С. 155-166.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСТА БЕРЕЖАН

Гайдукевич С. В., ст.викл., e-mail: [soleykos@gmail.com](mailto:soleykos@gmail.com)Семенова Н. П., ст.викл., e-mail: [0677524248@ukr.net](mailto:0677524248@ukr.net)

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Останнім часом питання з енергозбереження стало одним із основних питань людства. Для вирішення важливих енергетичних та екологічних проблем [1, с. 59] все більше звертаються до відновлюваних джерел енергії не зважаючи на те, що вони по своїй природі мають мінливий характер і відповідно не мають постійної генерованої потужності.

Враховуючи всі фактори та географічне розташування міста Бережан найбільшу перевагу надаємо вітровій енергетиці. Так як цей вид енергії є екологічно чистим і відноситься до відновлювальних джерел енергії.

**Метою досліджень.** Забезпечення енергоефективності та енергозбереження за рахунок вітроенергетики.

**Основні матеріали досліджень.** Принцип роботи усіх вітроустановок ідентичний. Під дією вітрового потоку ротор вітроустановки обертається, механічна енергія якого за допомогою вітрогенератора перетворюється в електричну енергію. Такі установки можуть функціонувати як автономно так і паралельно з мережею.

Генерована потужність вітроустановки безпосередньо залежить від швидкості потоку повітря (сили вітру), який на протязі часу змінюється, як за значенням (таблиця 1) так і за напрямом.

Таблиця 1 - Зміна сили вітру в місті Бережани на протязі доби

	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	Ср.знач
9.12.22 р.	2	3	2	2	1	1	2	4	2,125
10.12.22 р.	5	4	3	2	3	3	2	2	3,0
11.12.22 р.	2	3	4	5	7	7	6	5	4,875
12.12.22 р.	4	4	4	4	4	3	2	1	3,25
13.12.22 р.	1	1	1	2	3	3	3	3	1,875

В світовій вітроенергетиці розроблено та досліджено велику кількість моделей вітрових генераторів. Вони класифікуються за двома основними ознаками: геометрії вітроколеса і його положення щодо напрямку вітру [2, с. 16]. Тобто вітроустановки бувають як з горизонтальною так і з вертикальною вісями. Всі вони відіграють чимале значення при виробленні електроенергії.

На сьогоднішній день переважно широке застосування одержали горизонтально-осьові вентилятори. Але ці вентилятори мають ряд недоліків, а саме:

- вентилятори створюють підвищений рівень шуму;
- є причиною низькочастотних коливань;
- вимагають великої швидкості вітру.

Як видно з таблиці 1 в Бережанах швидкість руху потоку повітря не вище 5 м/с, переважно швидкість вітру становить в середньому до 2 м/с і такі вентилятори будуть не продуктивними, так як вони розраховані на великий вітровий потенціал.

Враховуючи особливості вітрових умов місцевості, а саме, порівняно невелику середню швидкість і швидко зміну напрямку вітру розроблено принципову схему для вироблення електроенергії міста Бережан. Схема складається: з ротора, генератора, контролера, акумуляційної батареї і інвертора (Рис.1). Основним фактором виникнення сили, яка діє на



лопаті є аеродинамічна взаємодія швидкості повітряного потоку і форми лопаті, тому найкраще для даної розробки прийняти ротор Онипко. Ротор Онипко має широкий діапазон швидкості 0,3-20 м/с, високий коефіцієнт перетворення енергії вітру та пристосований до зміни як швидкості так і напрямку. Акумулятор використовується для виключення перебоїв в електропостачанні споживачів.

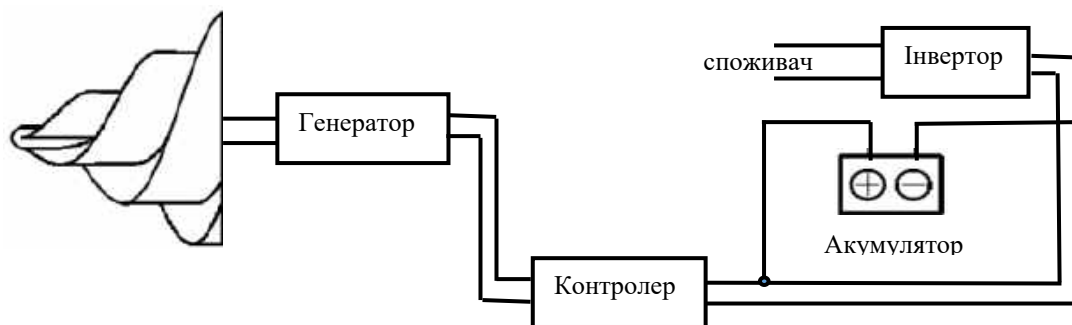


Рис. 1 – Принципова електрична схема вітроустановки

Форма ротора Онипко, що представляє собою трьохкрильчате конусне свердло, виконує роль концентратора повітря, за рахунок чого підсилюється швидкість потоку повітря, що безпосередньо набігає на ротор та виникає сила, яка створює зусилля на вентилятор, за допомогою збільшення швидкості відводу відпрацьованого повітряного потоку.

Потужність вітроустановки можна визначити за формулою 1:

$$P_{vy} = \eta_c \xi \frac{\rho \cdot V^3}{2} S, \text{ Вт} \quad (1)$$

$\eta_c$  – коефіцієнт корисної дії вітрогенератора,  $\eta_c=0,8\div 0,9$ ;

$\xi$  – коефіцієнт використання ротором енергії вітрового потоку, який залежить від виду вітроколеса;

$\rho$  – щільність повітря,  $\rho=1,225 \text{ кг/м}^3$ ;

$V$  – швидкість вітрового потоку, м/с;

$S$  – обтікаюча площа вітрогенератора,  $\text{м}^2$ .

Як видно з формули 1, потужність залежить від енергії потоку повітря, тобто швидкості вітру та ефективності використання цієї енергії.

**Висновок.** Важливим фактором розробленої вітроустановки є підвищення рівня енергетичної безпеки, можливість використання сили слабого вітру (0,3-20 м/с), зниження використання природнього палива, підвищення енергоефективності міста Бережан та виключення кризових ситуацій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудря С. О., Репкін О. О., Ткаленко М. А., Яценко Л. В., Шинкаренко Л. Я., Пепелов О. В. Напрями розвитку водневої енергетики та водневої економіки в Україні. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції.* (Київ, 15-16 травня 2019 р.). Київ: Інтерсервіс, 2019. С.

2. Скрипник А. В., Сабіщенко О. В., Корецький С. Л. Вітроенергетичні установки як альтернатива енергозощаджуючих технологій та енергозабезпечення. *Енергетика і автоматика.* 2014. №3. С.134-140.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ВВЕДЕННЯ ГРАФІКІВ АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ТА ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ЦИХ СИСТЕМ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ МЕРЕЖАМИ

Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: [omiroshnyk@btu.kharkov.ua](mailto:omiroshnyk@btu.kharkov.ua)

Миргород Д. Г., аспірант, e-mail: [19mirgoroddenis92@gmail.com](mailto:19mirgoroddenis92@gmail.com)

Назаренко О. Ю., к.т.н., доц., e-mail: [olganazarenko1919@btu.kharkov.ua](mailto:olganazarenko1919@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Останнім часом на ринку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в Україні активно обговорюється питання розвитку систем накопичення енергії. За інформацією Європейської комісії, накопичення енергії відіграє важливу роль у переході до вуглецево-нейтральної економіки. Гібридні системи накопичення енергії сприяють балансуванню електромереж та заощадженню надлишки енергії, підвищенню енергоефективності та інтеграції більшої кількості відновлюваних джерел енергії в електромережі. Особливої актуальності набрала дана тема дослідження під час значних пошкоджень Об'єднаної енергетичної системи України, Генеруючих станцій, Мереж Операторів Системи Передачі (ОСП), Операторів Системи Розподілу (ОСР), декількох випадків знеструмлення усієї ОЕС України, введення спеціальних графіків аварійних відключень (СГАВ), графіків аварійних відключень (ГАВ), графіків погодинних відключень (ГПВ) через недостатність генерації електричної енергії в ОЕС України. Так, наприклад, по для ОСР АТ «Харківобленерго» недовідпуск електричної енергії на території ліцензійованої діяльності за добу становить приблизно 6650 МВт\*год.

**Мета досліджень.** Розподільні електричні мережі функціонально були призначені для транспортування і розподілення електроенергії, виробленої централізовано на великих електростанціях. З розбудовою в них нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії вони набувають рис локальної електроенергетичної системи (ЛЕС) [1]. В зв'язку з цим виникають нові задачі: узгодження графіків навантаження споживачів і генерування ВДЕ з врахуванням їх нестабільності, оптимальне керування потоками потужності з метою зменшення втрат електроенергії і покращення її якості, забезпечення балансової надійності електроенергії в ЛЕС, що формується централізованим і місцевим генеруванням, тощо. Особливістю розподіленого генерування є те, що воно складається з відносно невеликих за потужністю електричних станцій, розосереджених по всій електроенергетичній системі (ЕЕС), але сконцентрованих в більшості в розподільних електричних мережах (РЕМ). В основному, це електростанції, які використовують відновлювані джерела електричної енергії.

**Основні матеріали досліджень.** В останні роки досить стрімко почали розвиватися системи накопичення енергії (СНЕ), що являють собою електроустановку, яка приєднана до ОЕС та включає як мінімум один накопичувач електричної енергії з урахуванням інженерних споруд, обладнання перетворення енергії та пов'язане з ними допоміжне обладнання. СНЕ отримує електричну енергію з ОЕС або з власних електроустановок, призначених для виробництва електричної енергії, зберігає цю енергію в будь-якій формі та відпускає електричну енергію в ОЕС України або на власні потреби у разі відсутності електропостачання [2]. Гібридні системи зберігання дозволяють накопичити електроенергію, яку генерують сонячні панелі протягом дня, з тим, щоб споживати її пізніше, наприклад, вночі або у пасмурну погоду, коли сонячна енергія мінімальна або відсутня, або під час стихії, коли мережа не забезпечує електроенергією [3]. Гібридні системи зберігання енергії можуть дати певні переваги в незалежності від того, коли вони застосовуються, як разом з сонячною енергією, так і без неї.

Найбільший максимум споживання електроенергії відбувається вранці та ввечері, сонячні станції ж найбільше виробляють вдень. Тож енергія вдень (коли її найменше використовують), перш за все, заряджає акумуляторну батарею [1]. Потужність батареї та

гібридного інвертору обирається індивідуально під потреби будинку або підприємства, ємності батареї повинно вистачати на період вечора-ранку та мати запас. Якщо вдень енергії більше – вона віддається в загальну мережу. Таким чином накопичувачі дозволяють синхронізуватися з сонцем, використовуючи чисту енергію 24 години на добу.

Розвиток локальних електричних систем (ЛЕС) та розосереджених джерел енергії (РДЕ) має значний науково-соціальний ефект, що, наприклад, полягає у використанні сучасних нанотехнологій у сонячних панелях СЕС та у накопичувачах енергії, використання SMART вимірjuвальних, облікових та діагностичних систем, SMART систем релейного захисту та автоматики. Останнє створює умови для: гнучкого регулювання рівнів вузлових напруг як показників якості електричної енергії; керування напрямками та значеннями струмів у лінійних і трансформаторних вітках схеми розподільних мереж та уникнення їх аварійних перевантажень; зменшення частки вартості традиційних видів палива у вартості електроенергії, відпущеної споживачам; зменшення впливу традиційних джерел електроенергії на екологію за рахунок зменшення їх генерування, зменшення вартості виробленої споживачами продукції за рахунок зменшення витрат на спожиту від центру живлення електроенергію. Також факторами, які сприяють розбудові ЛЕС та все ширшому впровадженню РДЕ, є їхня екологічна перевага [3].

Однак, враховуючи залежність роботи відновлюваних джерел енергії від природних факторів, не завжди достатню для споживачів їх потужність, бажаним, а інколи і необхідним, залишається комбіноване (гібридне) використання традиційних джерел живлення та ВДЕ.(рис 1).

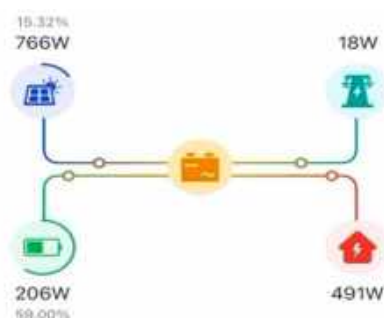


Рис 1. – Комбіноване (гібридне) використання традиційних джерел живлення та ВДЕ

**Висновок.** Переваги використання гібридних систем накопичення енергії та зберігання енергії для безперебійного живлення дозволяє забезпечити відповідність генерації енергії до попиту на неї, дозволяє мати додаткову енергію під час перебоїв у електропостачанні та додаткову потужність у власній електромережі, у випадку необхідності.

Дослідження показують, що в розподільних електричних мережах з розосередженим генеруванням, секціонованих у відповідності до вимог надійності, можливо і доцільно побудувати систему керування потоками потужності для зменшення втрат електроенергії під час її транспортування. Для цього доцільно залучати керовані відновлювані джерела електроенергії СЕС з гібридним інвертором і накопичувачем електроенергії. Показано, що розосереджені джерела електроенергії в межах допустимого для них діапазону генерування потужності по різному впливають на значення втрат потужності й електроенергії в ЛЕС.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / С. О. Кудря. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
2. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах: монографія / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
3. Відновлювана енергетика України стрімко зростає, але досі має мізерну частку [Електронний ресурс] / Зелена хвиля. – Режим доступу: <http://ecoclubua.com/2012/01/vidnovlyuvanaenerhetykaukrajiny2011>.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ  
З УРАХУВАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ  
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ УКРАЇНИ

Назаренко О. Ю., к.т.н., e-mail: [olganazarenko1919@gmail.com](mailto:olganazarenko1919@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Відновлювана і зокрема сонячна енергетика є пріоритетною галуззю у забезпеченні сталого доступу до енергії у всьому світі. А з урахуванням реалій та особливостей, в яких наразі знаходиться наша держава, виникає необхідність ознайомлення з реальною ситуацією в галузі та з планом дій майбутньої відбудови сфери за принципами максимального забезпечення енергетичної безпеки та збереження довкілля.

У більшості країн світу розвиток відновлюваної енергетики підтримується на рівні державної політики, що спрямовується на зменшення видобутку та споживання в економічних галузях традиційних паливно-енергетичних ресурсів і, відповідно до цього, на підвищення рівня державної енергетичної безпеки. І якщо інші країни мають час на плановий перехід, то Україна вимушена оперативно реагувати на виклики сьогодення, бо її енергосектор функціонує в умовах масштабного руйнування об'єктів теплової та електричної генерації. І окрім основних питань функціональності та надійності системи, ще більш актуальним сьогодні стає питання автономності чи роботи системи сумісно з мережею в непередбачуваних умовах роботи енергосистеми.

**Мета досліджень.** Визначення перспектив та позитивного впливу використання технології фотоелектричної сонячної енергетики у нових реаліях, її нинішнього стану та факторів, що впливають на відновлення енергетичної сфери.

Основні матеріали досліджень. До 2022 року в Україні встановлені електроенергетичні потужності відновлюваної енергетики поступово збільшувалися [1]. Але обставини сьогодення вказують на дестабілізацію енергоринку. Падіння споживання електричної енергії спричинило її надлишок, що запустило процес обмеження генерації, в тому числі з відновлюваних джерел енергії, і найбільше від системних обмежень страждають сонячні електростанції. Особливо враховуючи, що диспетчерські команди на зменшення генерації припадають саме на ті години доби сонячної активності, коли станції здатні оптимально виробляти електроенергію. Такі режими, коли робочі години регулярно припадають на завершення світлового дня, суттєво знижують продуктивність сонячних станцій, ставлячи під загрозу питання їх економічної рентабельності.

Аналізуючи технічний бік питання, варто зазначити, що сонячні фотоелектричні станції можуть бути різні як за комплектацією, що визначається переважно вимогами споживачів електроенергії (їх потужність, режими роботи, вимоги до якості електроенергії, надійності електропостачання тощо), так і за способом роботи з мережею (автономні фотоелектричні системи, що є повністю незалежними від мереж зовнішнього електропостачання, системи, з'єднані з зовнішньою мережею та системи з безакумуляторним з'єднанням з мережею) [4].

Велика перевага сьогодні належить сонячним електростанціям, що дозволяють частково або повністю відмовитись від загальної мережі. Якщо розглядати сонячну станцію мережевого типу, наприклад мережева станція на 10 кВт., вона дасть змогу в денний період бути на власному споживанні, а у вечірній та нічний час використовувати загальну мережу. Якщо із загальною мережею є систематичні перебої в електропостачанні – доцільніше буде розглядати гібридну сонячну електростанцію, наприклад гібридна сонячна електростанція на 10 кВт., така станція здатна забезпечити живлення побутових приладів протягом 8-9 годин. Якщо розглядати використання такого типу електростанцій в сільськогосподарських підприємствах, то, наприклад розміщення двосторонніх сонячних панелей на полях та в

теплицях, з одного боку дає змогу суттєво зекономити корисну площу, а з другого сприяє збільшенню врожайності завдяки затіненню сільськогосподарських культур.

Та найбільш ефективними, в тому числі економічно, та надійними сьогодні можна вважати комбіновані (гібридні) автономні фотоелектричні системи. Повністю автономні системи мають нижчу продуктивність, оскільки їх розмір та кількість модулів підбирається з розрахунку достатнього отримання енергії в зимовий час, незважаючи на неминучий надлишок її влітку. Комбіновані системи мають вищий ККД, оскільки розміри фотоелементів підбираються, виходячи з необхідного навантаження в літній період, а взимку та в похмуру погоду додаткова кількість електроенергії виробляється газопоршневими станціями [3]. Найбільший ККД у фотоелектричних систем, підключених до мереж, оскільки практично вся вироблена електроенергія або використовується споживачами автономної системи, або надходить у зовнішню мережу.

Незважаючи на розвиток фотоелектричної сонячної технології, сонячна енергія залишається найдорожчим із відомих видів відновлюваних джерел енергії. Її розвиток у перспективі призведе до здешевлення сонячної енергії та фотоелементів. В даний час використання фотоелектричних елементів для потреб автономного електропостачання рентабельне лише у тих регіонах України, де їм не загрожує руйнування або при неможливості використання інших автономних джерел енергії з різних причин, наприклад, дизельних електростанцій.

Важливим питанням підвищення надійності систем фотоелектричної сонячної енергетики є впровадження в їх конструкцію нової елементної бази, і насамперед, автономних інверторів, виконаних на однофазно-трифазних трансформаторах з обертовим магнітним полем [5].

Також важливою тенденцією є дослідження та оцінка реальної ситуації сьогодні, адже на початку 2022 року Україна мала амбітний сектор відновлюваних джерел енергії, але сьогодні мова йде про збереження, особливо фотоелектричної сонячної галузі. Щодня об'єкти галузі знаходяться під загрозою руйнування по всій території України. Частина інфраструктури вже пошкоджена. При цьому фахівці вказують на дестабілізацію енергоринку.

**Висновок.** З урахуванням сучасних викликів, українська енергетика потребує трансформації із позбавленням залежності від імпортованих носіїв, посиленням енергобезпеки, підвищенням гнучкості системи, де важливу роль відіграє відновлювальна енергетика. А найбільш ефективними та надійними сьогодні можна вважати комбіновані (гібридні) автономні фотоелектричні системи, що у нестабільних умовах енергосистеми можуть забезпечити якісне та своєчасне живлення особливо важливих об'єктів інфраструктури.

З огляду на довгострокову перспективу розвитку енергетичної галузі України, роль фотоелектричної сонячної галузі є пріоритетною завдяки наявності значного енергетичного потенціалу, практично невичерпного та екологічно чистого ресурсу відновлюваних джерел енергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасний стан відновлюваної енергетики в Україні. URL:<http://www.sae.gov.ua/uk>.
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text>
3. Дев'яткіна С. С. Альтернативні джерела енергії: навч. посіб. / С. С. Дев'яткіна, Т. Ю. Шкварницька; Національний авіаційний університет. - К., 2006. - 92 с.
4. Жолонко М. М. Практична енергоекологія. Ч. 1. Альтернативні джерела енергії – сонце і вітер/ М. М. Жолонко. – Черкаси: ЧНУ ім. Б.Хмельницького, 2008. - 84 с.
5. Петрук В. Г. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України. Матеріали II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю / В. Г. Петрук. –Вінниця, 2014, С. 120.

## СУЧАСНІ ВИКЛИКИ АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Павлов А. О., аспірант, e-mail: [andriy\\_pavlov@me.com](mailto:andriy_pavlov@me.com)

Мороз О. М., д.т.н., проф., e-mail: [moroz.an@ukr.net](mailto:moroz.an@ukr.net)

Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: [omiroshnyk@ukr.net](mailto:omiroshnyk@ukr.net)

Середа А. І., к.т.н., доц., e-mail: [ais66@ukr.net](mailto:ais66@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Військова агресія російської федерації призвела до захоплення частини території України на якій знаходились сонячні та вітрові електростанції, внаслідок чого енергетична система України отримує значно меншу кількість електричної енергії від відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), що впливає на забезпеченість енергоресурсами підприємств та населення, а відповідно і на вартість електричної енергії. Вартість електричної енергії має стійку тенденцію до підвищення. Так тарифи на електроенергію для підприємств в деяких районах України у січні 2022 року були біля 6 грн/кВт·год, що змушує керівників підприємств шукати шляхи зменшення споживання електричної енергії з об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України за рахунок будівництва сонячних електростанцій (СЕС) для власних потреб. На сьогодні ціни на електроенергію не є ринковими, але питання повернення до ринкових цін обов'язково виникнуть після закінчення військових дій, оскільки це важливий фактор відновлення енергетики України. Перспективним напрямком підтримання розвитку відновлювальної енергетики є програма Net Energy Metering, яка має ряд позитивних факторів щодо стимулювання суб'єктів господарювання для реалізації енергоефективних заходів.

**Метою досліджень** є вивчення стану відновлювальної енергетики України після початку військової агресії російської федерації та переваг від впровадження програми NetEnergyMetering для підвищення стабільності роботи енергетичного сектору та сприяння енергонезалежності країни.

**Основні матеріали досліджень.** У світі в останні десятиліття спостерігається стрімкий розвиток альтернативних джерел енергії, особливо розвиток сонячної енергетики. За прогнозами міжнародних агентств потужності СЕС у порівнянні з 2021 роком виростуть у 4 рази до 2030 року і у 12 разів до 2050 року [1]. Таким швидкий розвиток сонячної енергетики пояснюється збільшенням вартості викопних джерел енергії, бажанням країн світу зменшити забруднення планети від викидів CO<sub>2</sub>, розвитком технологій та здешевленням обладнання за рахунок масового виробництва. Подібні тенденції розвитку сонячної енергетики спостерігалися і в Україні, особливо після прийняття законів, які стимулювали розвиток альтернативної енергетики. Поряд з позитивними тенденціями розвитку сонячної енергетики в Україні спостерігаються негативні тенденції, такі як нестабільність виконання закону щодо «зелених» тарифів, несвоєчасна оплата за вироблену електричну енергію та несвоєчасне відшкодування вартості врегулювання небалансу електричної енергії, які гальмують розвиток цієї галузі. Великі зміни у відновлювальній енергетиці країни сталися з початком військової агресії російської федерації. За інформацією державного підприємства «Гарантований покупець» (ДП ГП) [2] генерація електричної енергії з 01.01.2022 року по 21.11.2022 з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) була такою: СЕС – 68 %, ВЕУ – 20 %, БГУ – 9 %, малі ГЕС – 2 %. У 2021 році генерація електричної енергії СЕС складала 56,2 % від генерації з ВДЕ, то за 2022 рік (до 22.11.2022 р.) частка СЕС складає 68,4 %, що пояснюється зменшенням генерації від енергії вітру, внаслідок захопленням ворогом вітрових установок у Запорізькій та Херсонській областях. На разі генерація від ВЕУ складає 20 %, тоді як у 2021 році вона була 33,3%.

Найбільшу потужність серед альтернативних джерел в Україні мають СЕС, і які в умовах війни можуть бути енергетичними островами та підтримувати ОЕС України внаслідок їх значної кількості та розосередженості по всій території країни, що

унемоżliвлює спроби ворога вивести їх з ладу. Навіть при нанесенні ракетних ударів по СЕС вони мають можливість відновлення своєї роботи без значних капітальних вкладень, хоча і з дещо меншими об'ємами генерації.

Негативним чинником, що впливає на стабільність роботи промислових СЕС є складності з отриманням продавцями електричної енергії відшкодування вартості врегулювання небалансу електричної енергії у зв'язку із продовженням судових розглядів щодо формули розрахунку небалансів [3]. Є певні сподівання, що ситуація із «зеленою» енергетикою буде дещо стабілізована, про що свідчить динаміка розрахунків за електричну енергію, якщо у квітні та травні 2022 року було сплачено, відповідно 19,2 % та 19 %, то у жовтні було сплачено 73 %, а у листопаді на 22.11.22 року вже було сплачено 99,1 %.

Важливим напрямком розвитку сонячної енергетики в Україні є впровадження програми NetEnergyMetering (NEM), з ініціативою впровадження якої виступило державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [4]. За рахунок впровадження цієї програми підприємства зможуть покривати своє споживання електричної енергії на 100%, а також зменшити податки на продукцію, вироблену з «чистих» джерел, при продажі її в країнах ЄС. Розрізняють два види механізму NetEnergyMetering: NetMetering та NetBilling. За схемою NetMetering виробник електричної енергії від ВДЕ має можливість передачі надлишкової виробленої електричної енергії в ОЕС України з можливістю її споживання в наступний розрахунковий період. За схемою NetBilling виробник електричної енергії від ВДЕ передає її надлишок до ОЕС і ця електрична енергія обчислюється за встановленою ціною на ринку, плата за небаланси відсутня.

Схема NetMetering призначена для бюджетних та неприбуткових організацій (школи, ОСББ, лікарні та ін.), домогосподарств та малого бізнесу, встановлена потужність електрообладнання яких до 500 кВт. Схема NetBilling призначена для виробників електричної енергії з ВДЕ встановлена потужність електрообладнання яких більше 500 кВт, плата за небаланси відповідно до діючого законодавства. Таким чином підприємство має можливість монетизації надлишкової згенерованої енергії та використовувати отримані кошти як плату за спожиту електричну енергію. Для обох схем умовами приєднання до ОЕС є відсутність ліцензії у межах потужності, яка дозволена до споживання за договором про приєднання. Потенціал ринку України щодо впровадження NEM має значні перспективи, так кількість підприємств в Україні у 2021 році складала понад 380 тисяч одиниць із загальним обсягом споживання електричної енергії понад 78 млрд. кВт·год/рік. Кількість домогосподарств була біля 6,5 мільйонів, розрахунковий обсяг споживання електричної енергії ними був понад 19 млрд. кВт·год/рік. Попередні розрахунки скорочення обсягів споживання електричної енергії за рахунок впровадження NEM показали, що в промисловому секторі скорочення буде складати біля 20 %, тобто біля 16 млрд. кВт·год/рік, а у домогосподарствах скорочення споживання буде більшим – біля 30 %, тобто біля 6 млрд. кВт·год/рік.

**Висновки.** Альтернативна енергетика є важливою складовою енергетичного сектору України і здійснює вагомий внесок у забезпеченні енергетичної безпеки країни в умовах війни з росією. Не менш важливу роль альтернативні джерела енергії будуть мати під час післявоєнної відбудови країни у забезпеченні електричною енергією національного господарства та для продажу електроенергії за «зеленими» тарифами в країні Європейського Союзу, що буде цінним внеском в економіку України. Стимулюючим фактором розвитку альтернативної енергетики може стати впровадження програми NetEnergyMetering.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. World Energy Outlook 2022. URL: <https://cutt.ly/dNEZG0I>.
2. Інформація про рівень розрахунків з виробниками за «зеленим» тарифом. URL: [https://www.gpee.com.ua/news\\_item/342](https://www.gpee.com.ua/news_item/342).
3. Про небаланси. URL: [https://www.gpee.com.ua/news\\_item/1115](https://www.gpee.com.ua/news_item/1115).
4. Держенергоефективності: NET ENERGY METERING – нові можливості для відновлюваної енергетики. – URL: <https://cutt.ly/h1vAcXK>.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Пономарьов К. М., аспірант, e-mail: [alic.in.mine@gmail.com](mailto:alic.in.mine@gmail.com)

Тітлов О. С., д.т.н., проф., e-mail: [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

За прогнозами спеціалістів у найближчі десятиліття очікується зниження виробництва традиційних джерел енергії, у тому числі і нафти. У середньому, навіть з урахуванням родовищ континентального шельфу що характеризуються відносно високою собівартістю видобування, цих ресурсів може вистачити усього лише на 80 – 90 років. Іншою важливою проблемою сучасної енергетики залишається питання екології. Парниковий ефект, кислотні дощі і смог тощо – є екологічними проблемами, що безпосередньо пов'язані з використанням енергії, що утворюється в результаті горіння викопного пального. Ці питання більш за все впливають на стрімкий розвиток технологій виробництва та використання біопального, тобто нових екологічно безпечних та сталих джерел виробництва енергії. За наведеними даними в період з 2009 по 2020 роки використання біодизельного пального в країнах Європи збільшилось у 1,5 рази [1].

Одним з методів вирішення питання «екологічної кризи», яке як найбільше проявилось у останні роки – є перехід на біодизельне пальне – альтернативне екологічно чисте пальне, при виробництві якого використовується відновлювальна рослинна сировина, що обумовлює економічні переваги виробництва біодизельного пального та його собівартість. Біодизельне пальне може використовуватись у звичайних двигунах внутрішнього згорання із samozapalenniam без принципових змін конструкції як індивідуальне пальне, або у суміші з мінеральним дизельним паливом. До переваг біодизельного пального відносяться:

- гарні змащувальні характеристики, що обумовлено хімічним складом, а саме вмістом в молекулі пального кисню. Ця характеристика подовжує термін служби двигуна, форсунок та інших механізмів;

- більше цетанове число (для чистого біодизельного пального – не менше 51 од., для мінерального дизельного пального 42 – 45 од.);

- висока температура займання (більше 150 °C), що робить біодизельне пальне менш пожежо- і вибухонебезпечним ніж мінеральне дизельне пальне;

- зменшення викидів діоксиду вуглецю, тому що при згоранні біодизельного пального утворюється стільки ж вуглекислого газу, скільки було спожито рослинами з атмосфери, та що було використано при виробництві олії за усе її існування;

- при потраплянні в ґрунт або воду розкладається майже повністю.

Але використання біодизельного пального теж має і свої недоліки, наприклад:

- при застосуванні біодизельного пального пришвидшується знос неметалевих частин, таких як гумові прокладки, переходи, сальники тощо;

- пальне, до складу якого входить біодизельного пального, має відносно невеликий термін зберігання (2 – 6 місяців);

- застосування чистого біодизельного та сумішного біодизельних палив може бути недопустимим в деяких застарілих моделях автомобільних двигунів без додаткового переобладнання або модифікацій двигуна.

На даний час існує багато різних підходів до виробництва біодизельного пального. За європейським стандартом EN 14214:2012+A2:2019 біодизельне пальне являє собою продукт трансестерифікації високомолекулярних жирів рослинного і тваринного походження етиловим або метиловим спиртом [2].

Відповідно, в основу будь-якого методу покладено реакцію переестерифікації олії зі спиртом з отриманням суміші естерів та гліцеролу. Отриману суміш естерів після очищення можна безпосередньо використовувати у дизельних двигунах внутрішнього згорання.



Сутність процесу полягає у зменшенні в'язкості оливи. Так як будь-яка олива – це суміш тригліцеридів – естерів органічних кислот, що з'єднані з молекулою гліцеролу, то для отримання пального, що буде відповідати чинним міжнародним стандартам та ДСТУ 6081:2009, а також умовам використання у двигунах внутрішнього згорання із примусовим стиснення [3, 4]Тоді необхідним є виділення гліцеролу замінивши його на одноатомний спирт, так як саме гліцерол надає оливі в'язкість та густину.

В якості первинної сировини можуть застосовуватись вторинні оливи і жири. Тоді перед використанням їх треба відфільтрувати, очищуючи від води та важких механічних і органічних домішок.

Однак основним завданням є оптимізація даного процесу, пошук та покращення найбільш впливових на ефективність параметрів для зниження собівартості отриманого таким чином пального, збільшення його використання зокрема як один з факторів економічно-паливної незалежності України.

Обрана для аналізу, дослідження та модернізації періодична модель виробництва з рослинних олив надає найкращі показники виробництва метилових естерів, як проміжного продукту для подальшого очищення та виробництва товарного біодизельного пального [5]. Так, обраний спосіб синтезу біодизельного пального проводиться при температурі 60 °С і атмосферному тиску протягом 1 години. При цьому концентрації реагентів складають 6 : 1 оливи до спирту, а концентрація каталізатора складає 1,5 %. Приведено залежність виходу продукту від компонентів, наявних в реакційному середовищі (рис. 1):

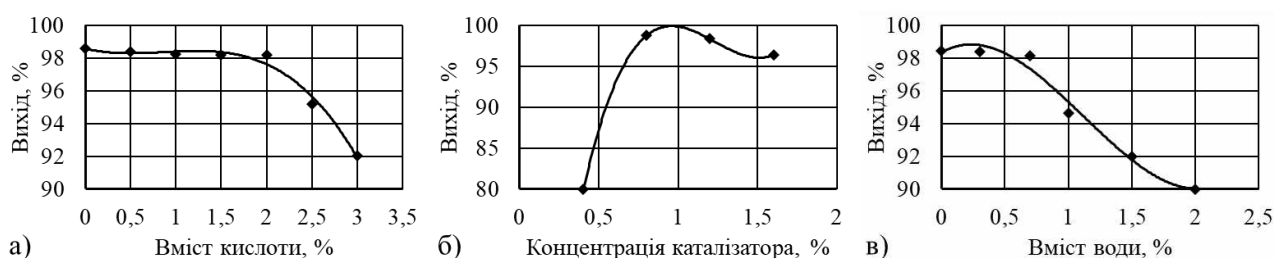


Рис. 1 – Залежність виходу біодизелю від: а) вмісту олеїнової кислоти в сировині; б) концентрації каталізатора; в) вмісту води в спирті

Одним з методів впливу на вихід проміжного продукту, а також підвищення ефективності даного процесу є використання енергетичного поля, що впливає на процес реакції. Такий вплив має безпосередньо поліпшувати процес так як в результаті застосування електромагнітного поля та феромагнітних часток можливим є зниження температури до 50 °С, співвідношення оливи до спирту 1 : 5, а час протікання реакції до 10 хвилин. Поданий метод має на меті зекономити час, тим самим збільшуючи питомий вихід при роботі великотоннажної установки, а відповідно збільшити енерго- та економічну ефективність такої установки.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. All Biofuels barometers // Eur Observ'ER [Веб-сайт]. - URL: <https://www.euroobserver.org/category/all-biofuels-barometers> (дата звернення: 20.11.2022).
2. EN 14214:2012+A2:2019. Liquid petroleum products – Fatty acid methyl esters (FAME) for use in diesel engines and heating applications - Requirements and test methods. - [Чинний від 20.02.2019]. - С. 22. - (European technical standards).
3. ASTM D 6751 : 2020 : REV A. Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. - [Чинний від 10.05.2020]. - С. 11. - (ASTM International).
4. ДСТУ 6081:2009 . Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги. - [Чинний від 01.03.2010]. - С. 12. - (Державний стандарт України).
5. Получение биодизельного топлива из растительных масел // Достижения науки и техники АПК. - № 12. - С. 58-60.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЦІНКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Потапенко М. В., к.т.н., доцент кафедри, e-mail: [m.potapenko19@gmail.com](mailto:m.potapenko19@gmail.com)

Семенова Н. П., старший викладач, e-mail: [0677524248@ukr.net](mailto:0677524248@ukr.net)

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і  
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Сучасні технології дозволяють переробляти на біогаз будь-які види органічної сировини. Встановлено, що ресурси біомаси в різних видах є в усіх регіонах України, і майже в кожному з них може бути налагоджена їх переробка в енергію й паливо [1].

Технологічна система виробництва біогазу є складною структурою з великою кількістю елементів. Взаємодіючими елементами технологічних ліній біогазових установок є різні види технологічного та електротехнічного обладнання та різні види сировини й енергоносіїв, багато видів різноманітних інформаційних матеріалів, які використовуються під час експлуатації та ремонту обладнання [2]. Для того щоб біогазова установка працювала з максимальною ефективністю, в силу її конструктивних параметрів, необхідно провести ряд заходів щодо контролю її технічного стану.

В наш час широкого поширення набули методи і засоби діагностики, які ґрунтуються на різноманітних фізичних принципах, що дозволяє контролювати найбільш відповідальні вузли системи. Різні методи діагностування використовують різноманітні фізичні принципи, тому вони дозволяють характеризувати технічний стан машин і обладнання лише в певній мірі. Кожен метод може бути реалізований в різних методиках діагностування, які відрізняються один від одного алгоритмами обробки інформації. Чим складнішим є алгоритм, тим більш достовірну інформацію про технічний стан він дозволяє одержати.

Відносна різноманітність методів пояснюється тим, що ні один із них не дозволяє врахувати всі вимоги, які пред'являються до формування точного результату діагностування, оскільки вони містять специфічну інформацію різної цінності. Ні один з методів не дозволяє оцінити стан біогазової установки з достатнім ступенем деталізації. З допомогою поєднання декількох методів можна здійснити повний контроль, однак це часто потребує спеціальних умов і тривалого періоду часу.

Отже, для діагностування біогазових установок доцільно застосовувати параметри та критерії, які мають максимальну інформативність, доповнюють і уточнюють один одного.

**Мета дослідження.** Аналіз ефективності оцінки стану технологічних ліній виробництва біогазу на основі техніко-економічного критерію.

**Основні матеріали дослідження.** Найбільш ефективним є метод діагностування біогазових установок на основі побудови діагностичних моделей, тобто зв'язків між простором станів і простором діагностичних ознак. При цьому не придається особливого значення, в якій формі представлений цей зв'язок. Рахують, що діагностична модель відповідає своєму призначенню, якщо вона дозволяє виконати наступні умови:

- сформувані принципи розбиття множини на дві підмножини – працездатних і непрацездатних станів;
- визначити критерій для оцінки ступеня працездатності об'єкта;
- встановити ознаки відмов, які виникли.

В якості діагностичних моделей звичайно використовують диференціальні і алгебраїчні рівняння, логічні співвідношення, матриці вузлових провідностей, функціональні, структурні, регресійні та інші моделі, які дозволяють пов'язати параметри технічного стану біогазових установок. До основних типів моделей можна віднести: структурно-наслідкові, динамічні, регресійні. Структурно-наслідкова модель об'єкта діагностування створюється на основі вивчення його структури і функціонування, статистичного аналізу показників

надійності і діагностичних параметрів. Вона повинна давати наочне представлення про найбільш вразливі і відповідальні елементи, а також зв'язки структурних параметрів з діагностичними ознаками. Таку задачу необхідно розв'язувати при побудові моделі будь-якого типу.

Ефективність оцінки і прогнозування динаміки технічного стану технологічних ліній біогазових установок в значній мірі визначається якістю отриманої діагностичної інформації. Зменшення трудомісткості технічного діагностування скорочує простої обладнання, а також затрати праці на його проведення.

Підвищення точності визначення діагностичних параметрів призводить до збільшення ймовірності проведення необхідних операцій з обслуговування і ремонту машин та електрообладнання.

Розроблено велику кількість методів діагностування, в зв'язку з чим актуальною є задача вибору того чи іншого методу для використання в конкретному випадку. Вирішити це завдання можна з використанням теорії оптимізації [3].

Методика оптимізації дозволяє визначити чи вибрати найкращий метод діагностування для використання його при оцінці технічного стану обладнання, що експлуатується в заданих умовах.

Для оптимізації характеристик технологічних систем та засобів діагностики доцільно використовувати техніко-економічний критерій. При цьому необхідно враховувати особливості елементів системи і методу діагностування, який впливає на сумарні питомі витрати.

Відносно діагностування сумарні витрати пов'язані з використанням діагностичних засобів, витрат на їх виробництво та витрат, які викликані похибкою діагностування. Тому цільова функція сумарних витрат на діагностування  $i$ -го структурного параметру буде мати вигляд:

$$C_{ijkl}(T, \sigma) = [C_{ijk}(T) + B_{ijkl}(T, \sigma)] + [C_{ijk}^c(\sigma) + C_{ijk}^p(\sigma)], \quad (1)$$

де  $T$  - оперативна трудомісткість діагностування;  $\sigma$  - середня квадратична похибка вимірювання структурного параметру стану;  $C_{ijk}(T)$  - питомі витрати, які пов'язані із забезпеченням контролепридатності об'єкта за  $j$ -м варіантом при  $k$ -му методі діагностування;  $B_{ijkl}(T, \sigma)$  - питомі витрати на безпосереднє вимірювання  $i$ -го параметру стану при  $l$ -му засобі діагностування;  $[C_{ijk}^c(\sigma) + C_{ijk}^p(\sigma)]$  - витрати, які виникають із-за похибки вимірювання стану та прогнозування технічного ресурсу обладнання.

Прогнозування залишкового ресурсу для обладнання технологічних ліній біогазових установок має велике значення, тому що ремонт однієї машини в більшості випадків призводить до зупинки всієї лінії.

**Висновки.** В результаті удосконалення діагностичних засобів з'явилась можливість отримання даних про параметри, які характеризують технічний стан об'єктів без їх розбирання. Тому керування станом технологічних ліній біогазових установок на основі визначення оптимального залишкового ресурсу кожного елемента дозволяє спланувати ремонтні роботи з використанням принципів системного аналізу. При цьому доцільним є одночасний ремонт елементів технологічної лінії виробництва біогазу, а тому витрати будуть розподілені між ними і тим самим буде знижена вартість ремонту кожного агрегату.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. П. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.
2. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В. Енергоефективні технологічні процеси та обладнання біоконверсії: Монографія. Вінниця: ВНТУ, 2013. 148 с.
3. Бейко И. В., Бубликов Б. Н., Зинько П. Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. К.: Вища школа, 1983. 512 с.

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Савченко О. А., к.т.н., доц., e-mail: [savoia@btu.kharkiv.ua](mailto:savoia@btu.kharkiv.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Сучасні тенденції розвитку багатьох галузей науки і техніки, таких як електроенергетика, електротранспорт, електророзподільні мережі, а також відновлювані джерела енергії, ставлять нові завдання щодо покращення як кількісних, так і якісних характеристик енергосистем. Одним з таких завдань є завдання запасання електроенергії для покращення показників ефективності, якості та стабільності джерел електроенергії. Методи запасання енергії розрізняються за багатьма параметрами, такими як вихідна потужність, кількість енергії, що запасається, час зберігання, кількість циклів заряд/розряд, вартість, масогабаритні показники, а також за специфікою застосування. Все це обмежує сфери їх застосування, а також вимагає уваги при проектуванні енергосистем на їх основі.

Сучасним енергоефективним та високотехнологічним методом зберігання енергії є пристрій запасання кінетичної енергії – супермаховик [1]. Можливість використання маховиків як конкурентоспроможний пристрій зберігання енергії з'явилася порівняно недавно завдяки розробкам в галузях композитних матеріалів, магнітних підшипників, електричних машин та напівпровідникової електроніки.

Методи зберігання енергії мають свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при розробці та впровадженні систем запасу енергії для вирішення конкретних завдань. Через велику кількість специфічних особливостей супермаховиків, а також інших методів акумулювання енергії, завдання вибору оптимальної системи зберігання енергії є нетривіальною і потребує особливої уваги. Метою цієї роботи є порівняння супермаховиків з іншими методами запасання енергії за різними параметрами та аспектами використання, а також визначення оптимальних областей застосування супермаховиків.

**Мета досліджень.** Аналіз сучасних систем накопичення та зберігання енергії та оцінювання їх переваг та недоліків.

**Основні матеріали досліджень.** Технології накопичення енергії грають дедалі більшу роль в розвитку сучасних систем енергопостачання. Наприклад, загальна ємність накопичення енергії США вже перевищила 2 ГВт·ч, причому нещодавно щорічне збільшення об'єднаних сховищ енергії наблизилося до 50%. Галузь продовжує розвиватися, адаптуючись до змін енергетичного ландшафту та впроваджуючи нові технології.

Оскільки відсотковий вміст безперервної генерації енергії на основі вуглецю у структурі енергоспоживання поступається місцем менш стабільному виробництву енергії з відновлюваних джерел, накопичення енергії являє собою засіб, за допомогою якого спорадичні поставки можуть бути ефективно синхронізовані з коливаннями генерації та попиту протягом будь-якого дня.

Довгий час використання маховиків мало на меті лише забезпечення плавної роботи машин та механізмів. Найновіші розробки останніх років дозволили створити супермаховики – складні високотехнологічні пристрої, основним призначенням яких є запас енергії. Супермаховик запасє енергію у вигляді кінетичної енергії обертання [1]. Кінетична енергія передається на маховик та від маховика за допомогою мотор-генератора – оборотної електричної машини, найчастіше вбудованої в конструкцію маховика. При роботі в режимі двигуна електрична енергія, що підводиться до статорних обмоток, створює крутий момент і збільшує швидкість обертання маховика. У режимі генератора має місце зворотний процес – перетворення кінетичної енергії обертання в генераторний момент на валу та згодом в електричну енергію. Для двостороннього обміну енергією мотор-генератор підключений до мережі за допомогою оборотного перетворювача.

Електрохімічні акумулятори є одним із найвідоміших способів зберігання енергії та широко використовуються в цій якості в різних додатках. Акумулятор є модульним, безшумним та відносно дешевим пристроєм [2]. Привабливим варіантом їх також робить невибагливість до робочого середовища, зручність та швидкість установки. Великі акумуляторні системи використовують інвертор для перетворення постійного струму акумулятора в змінний струм мережі. Загальна ефективність такої системи зазвичай перебуває у діапазоні 60–80% [2]. Відносно низька ефективність перетворення пояснюється тим, що акумулятори запасують енергію за допомогою електрохімічного процесу. Кожен цикл перетворення енергії неминуче супроводжується виділенням тепла, що зменшує ККД перетворення та вимагає контролю температури для запобігання зменшенню довговічності або термічного пошкодження акумулятора.

Суперконденсатори або іоністори є електрохімічним пристроєм, що поєднує переваги акумуляторних батарей і конденсаторів. Механізм запасання енергії суперконденсатором не включає хімічних реакцій, що робить цикл заряд/розряд більш швидким, надійним, що відрізняється від акумуляторів значно більшим життєвим циклом – до сотень тисяч циклів заряд/розряд [3]. Суперконденсатор також відрізняється стійкістю до зовнішніх впливів – температурним діапазоном від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ , вібраційною та ударною стійкістю. Головним недоліком та обмежувальним фактором застосування суперконденсаторів є відносно низька щільність енергії. У порівнянні з електрохімічними акумуляторами, типова щільність енергії може бути значно меншою.

Гідроакумуляуючі електростанції (ГАЕС) використовуються у всьому світі протягом більш ніж 70 років. Ці великомасштабні системи зберігання енергії є найбільш широко використовуваною технологією зберігання енергії, що використовується сьогодні [4]. Такі системи здатні запасати велику кількість енергії тривалий час при ефективності повного циклу близько 70–80%. Кількість енергії, що запасується, залежить тільки від місткості резервуара. Головним недоліком такого способу зберігання енергії є використання великих площ для створення резервуарів та необхідний перепад висот.

**Висновок.** У роботі розглянуто різні системи зберігання енергії, а також сучасний пристрій запасання кінетичної енергії – супермаховик. Проведено аналіз їх характеристик та порівняння специфічних особливостей застосування. З аналізу можна зробити висновок про те, що супермаховики є перспективним способом як запасання енергії, так і покращення якості та надійності електророзподільних мереж. Екологічна нейтральність супермаховиків також є важливою перевагою і в майбутньому все більше сприятиме їх поширенню, разом з відновлюваними джерелами енергії та «розумними» мережами електропостачання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Daoud M. I., Abdel-Khalik A. S., Massoud A., Ahmed S., Abbasy N.H. On the development of flywheel storage systems for power system applications: a survey. Proc. 20th International Conference on Electrical Machines, ICEM 2012. Marseille, France, 2012, pp. 2119–2125. doi: 10.1109/ICEMach.2012.6350175
2. Schainker R. B. Executive overview: energy storage options for a sustainable energy future. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, vol. 2, pp. 2309–2314.
3. Ultracapacitors [Electronic resource] Available at: <https://www.electronicstutorials.ws/capacitor/ultracapacitors.html> (accessed 9.11.2022).
4. Leonard W., Grobe M. Sustainable electrical energy supply with wind and pumped storage – a realistic long-term strategy or utopia. IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004, vol. 2, pp. 1221–1225.

ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ – ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Сотнік О. В., аспірант, e-mail: [sidi.leha@gmail.com](mailto:sidi.leha@gmail.com)

Мороз О. М., д.т.н., проф., e-mail: [moroz.an@ukr.net](mailto:moroz.an@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** За останнє десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток альтернативної енергетики, особливо сонячної. На такий стрімкий розвиток впливають наступні фактори: зменшення запасів викопних джерел енергії та їх підвищення їх вартості, розвиток технологій, які зменшують вартість обладнання сонячних електростанцій (СЕС) та підвищують їх ефективність і надійність, а також намагання країн світу вирішити кліматичні проблеми за рахунок зменшення споживання енергетичних ресурсів. Зокрема однією з основних цілей діяльності ООН на період до 2030 р. є «забезпечення загального доступу країн до сучасних енергетичних послуг, подвоєння частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у світовому енергетичному балансі та подвоєння глобальних темпів підвищення енергоефективності» [1]. На сьогодні технології відновлюваної енергетики (ВЕ) забезпечують близько 30% виробництва електроенергії у світі, і таке виробництво буде швидко зростати за рахунок розвитку СЕС та ВЕС [2]. Одним із найбільш енерговитратних секторів економіки України є агропромисловий комплекс (АПК), який характеризується великим споживанням енергетичних ресурсів на одиницю рослинної та тваринної продукції [3]. Найбільш перспективним напрямком зменшення вартості сільськогосподарської продукції є будівництво СЕС.

**Мета дослідження.** Шляхи підвищення енергоефективності та енергонезалежності АПК України за рахунок використання електричної енергії СЕС у різних сферах діяльності.

**Основні матеріали дослідження.** В останні декілька років в Україні спостерігався стрімкий ріст відновлювальної енергетики, так за даними НКРЕКП, станом на 31.12.2021 року, встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9 655,9 МВт, сумарна встановлена потужність сектору сонячної енергетики країни склала 7 586,3 МВт (включно з домашніми СЕС) [4]. В 2021 році частка електроенергії, згенерованої з ВДЕ, досягла 8,1% або 12,8 ТВт·год, з яких 56% – за рахунок сонячного випромінювання.

Недоліком СЕС є те, що вони займають значні площі, так для СЕС потужністю 1 МВт потрібна площа біля 2 га, та залежність генерації від часу доби, пори року і погодних умов. Тому найкращий економічний ефект від впровадження СЕС буде досягнуто, коли модулі станції будуть розміщені на дахах приміщень і споживання електричної енергії в технологічних процесах буде співпадати з максимальною генерацією СЕС.

Одним із перспективних напрямків використання енергії сонця на підприємствах АПК є встановлення СЕС на дахах ферм, які мають значну площу дахів і розміщення фотоелектричних модулів (ФЕМ) на них є економічно доцільним. З однієї сторони це призведе до захисту приміщень від перегрівання сонячними проміннями, завдяки чому покращується тепловий баланс всередині приміщень і покращуються умови утримання тварин. З іншої сторони, згенеровану електричну енергію ФЕМ, розміщеними на даху тваринницького приміщення, можна використовувати для вентиляції цих приміщень, охолодження молочної продукції або для приводу насосів систем водопостачання тваринницьких ферм. Згенеровану електричну енергію можливо також використовувати для приведення в дію насосів, які забезпечують полив сільськогосподарських культур або циркуляції води на рибних фермах, сушіння сільськогосподарської продукції, охолодження її в сховищах або заморожування в морозильних камерах.

Іншим перспективним напрямком використання сонячної енергії є встановлення СЕС на сільськогосподарських угіддях без виведення їх із використання, цей напрямок отримав

назву агровольтаїка, що є прикладом «дуального фермерства». За рахунок такого поєднання вирішується оптимізаційна задача використання сільськогосподарських полів та зменшення споживання електричної енергії із об'єднаної енергетичної системи України. Встановлення ФЕМ на певній висоті, в залежності від виду культур, які вирощуються на цих полях, призводить до часткового затінення і охолодження поверхні землі, завдяки чому створюються кращий мікроклімат, що сприяє росту рослин та забезпечує охолодження модулів, за рахунок чого збільшується генерація електричної енергії. Часткове затінення полів сприяє росту окремих культурних рослин (зелень, салати, бобові) та збільшенню урожаю до 30 % за рахунок зменшення сонячної радіації та сприяє зменшенню подачі води на полив внаслідок зменшення випаровування на 15-30 % [5].

Ще одним напрямком є встановлення СЕС на пасовищах. Наземні конструкції сонячних панелей займають чималу площу, що дає змогу тваринам ховатись під конструкціями в період зеніту сонця. Британські вчені досліджували стада овечок, що випасались на територіях із ФЕМ, і на пасовиськах, де не було модулів і відповідно затінення. Дослідження показали, що стада, які мали затінені місця – показували чималий приріст в народжуваності в порівнянні з іншими стадами [6].

Перспективним є поєднання СЕС із пасікою, особливо коли станція розміщується на неугіддях і територія станції засівається медоносими, що сприяє росту культур за рахунок створення напівтіні. Таке поєднання сприяє покращенню продовольчої, енергетичної і екологічної безпеки та сприяє забезпеченню розвитку природних рослин і збереженню поголів'я медоносних бджіл. Підтвердженням ефективності цього напрямку є дослідження проведені в США [7]. Зростання середовища існування запилювачів навколо СЕС також допоможе покращити сталість розвитку сонячної енергії в сільськогосподарських регіонах. Збільшуючи здатність запилювачів запилювати прилеглі сільськогосподарські поля може підвищити врожайність сільськогосподарських культур і зробити СЕС бажаним сусідом для сільськогосподарських ферм.

**Висновок.** Напрямами підвищення енергоефективності та енергонезалежності сільськогосподарських підприємств є будівництво СЕС на дахах тваринницьких приміщень з метою використання згенерованої електричної енергії для технологічних процесів, періоди роботи яких співпадають із періодами роботи СЕС, а також розвиток агровольтаїки, встановлення СЕС на пасовищах та використання територій станцій для вирощування медоносів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Герасимчук В. Г., Романюк О. В. Тенденції розвитку відновлюваної енергетики у світі та в Україні. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. С. 4-8. URL: <https://cutt.us/fxbpj>.
2. World Energy Outlook 2022. – URL: <https://cutt.ly/dNEZG0I>.
3. Болтянська, Н., Маніта, І., Комар, А. (2021) «Обґрунтування механізму енергозбереження в аграрному секторі», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (1(19), с. 7-12. doi: 10.5281/zenodo.6828908.
4. Володимир Омельченко. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. – URL: <https://cutt.us/8nltJ>.
5. Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P., & Mathur, S. (2021). Agrovoltatics: Step towards sustainable energy-food combination. Bioresource Technology Reports, 15, 100766. doi:10.1016/j.biteb.2021.100766.
6. Просто про агровольтаїку (сонячні батареї під сільське господарство). – URL: <https://cutt.us/fNV0r>.
7. Leroy J. Walston, Shruti K. Mishra, Heidi M. Hartmann, Ihor Hlohowskyj, James Mc Calland Jordan Macknick. Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United States. – URL: <https://cutt.us/2TPSB>.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ  
З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Толстік О. І., магістр, e-mail: [oleksandr.tolstik@kname.edu.ua](mailto:oleksandr.tolstik@kname.edu.ua)

Герасименко В. А., к.т.н., e-mail: [vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua](mailto:vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua)

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

**Актуальність дослідження.** Енергетика – один з найбільших споживачів викопних природних ресурсів. Все більше країн приймають стратегію переходу до вуглецево-нейтральної енергетики. За останні роки Україні вдалося досягти значних результатів у розвитку відновлюваної енергетики. Лише на початок 2022 року її встановлена потужність сукупно склала 9,5 ГВт, а обсяг інвестицій у галузь сягнув \$12 млрд. Через війну половина об'єктів відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) перебуває під загрозою повної або часткової руйнації – в областях, де тривають активні бойові дії, перебуває 47% встановленої потужності електростанцій на відновлюваних джерелах енергії. Також чимало станцій знаходяться в сусідніх з воєнним діями регіонах.

Актуальність дослідження полягає в активізації застосування енергії відновлюваних джерел та залучення відновлюваної енергетики для енергоживлення та зарядки електромобілів.

**Метою даного дослідження** є обґрунтування реалізації мереж зарядних станцій для електромобілів з використанням відновлюваних джерел енергії.

**Основні матеріали дослідження.** У порівнянні з традиційними джерелами енергії, відновлювані джерела енергії мають переваги перед ними. ВДЕ майже невичерпні, тому що весь час поновлюються, вони не забруднюють навколишнє середовище, під час споживання цих джерел відпадає потреба у їх переробці (у промислових обсягах), та транспортуванні. Відпадає необхідність використовувати у великих обсягах води для охолодження в теплоенергоустановках, збирання та транспортування відходів попелу, продуктів розпаду та горіння. Також зменшується кількість обслуговуючого персоналу.

За останніми оцінками Української вітроенергетичної асоціації, 16 ГВт – це реальний потенціал вітроенергетичного сектора (ВЕС) України. При забезпеченні коефіцієнта використання встановленої потужності не менше 40%, який підтверджений на практиці нині для працюючих ВЕС у Запорізькій, Херсонській та Миколаївській областях, – річні обсяги генерування електроенергії ВЕС можуть становити 56 млрд кВт·год, що відповідає 29% від загального виробництва електроенергії в Україні до окупації Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та здійснення нею військової агресії на території окремих районів Донецької та Луганської областей.

Згідно з даними Держенергоєфективності, теоретично-можливий потенціал енергії сонця на території України складає більше 730 млрд кВт·год на рік, а технічно-можливий складає лише 34,2 млрд кВт·год на рік. Однією з головних перешкод для інтенсивного розвитку відновлюваної електроенергетики є погано розвинена мережа та її застаріла централізована концепція. За оцінками експертів компанії Rentechno, за сьогоdnішнього розвитку технологій, ВДЕ в Україні здатні покрити до 80% попиту на електроенергію. Використання сонячних панелей на дахах серед приватних домогосподарств до 2050 року може досягти 40-50%. Крім того, використання сонячних колекторів для нагріву води ставатиме дедалі більш економічно вигідним. Ці технології дозволять забезпечити попит на гарячу воду в приватних домогосподарствах на 70-100% впродовж літа та на 15% взимку. У сфері послуг потенціал використання сонячної енергії є меншим, однак є також перспективним.

Реалізація зарядних станцій на відновлюваній енергії полягає у використанні буферних акумуляторів енергії при електроживленні від вітроелектричних, фотоелектричних чи комплексних вітро-сонячних енергоустановок. Цей підхід на сьогодні перебуває на етапі



вивчення для оцінки можливості його широкого застосування. У разі розвитку мережі за цим варіантом необхідне вирішення завдань, які полягають у визначенні критеріальних умов реалізації зарядних станцій на основі ВДЕ, математичному описі та моделюванні роботи зарядних станцій на основі ВДЕ, оцінці надходження енергії відновлюваного джерела та наявності площ під встановлення зарядних станцій, оцінці оптимальної ємності буферного акумулятора енергії та розробленні рекомендацій щодо реалізації таких проектів.

Існує також другий (комбінований) варіант. Реалізація зарядних станцій полягає у використанні буферних акумуляторів енергії в разі електроживлення від вітроелектричних, фотоелектричних, комплексних вітро-сонячних енергоустановок за умови резервування таких систем централізованою електричною мережею. Цей варіант також перебуває на етапі вивчення для оцінки можливості його широкого застосування. У разі розвитку мережі за цим варіантом окрім завдань, які притаманні альтернативному варіанту, необхідне вирішення завдань, які полягають в оцінці наявної потужності та стану електричної мережі, узгодженні роботи системи «відновлюване джерело електроенергії – зарядна станція – електрична мережа», оптимізації структури зарядних станцій з урахуванням можливості застосування буферного акумулятора енергії.

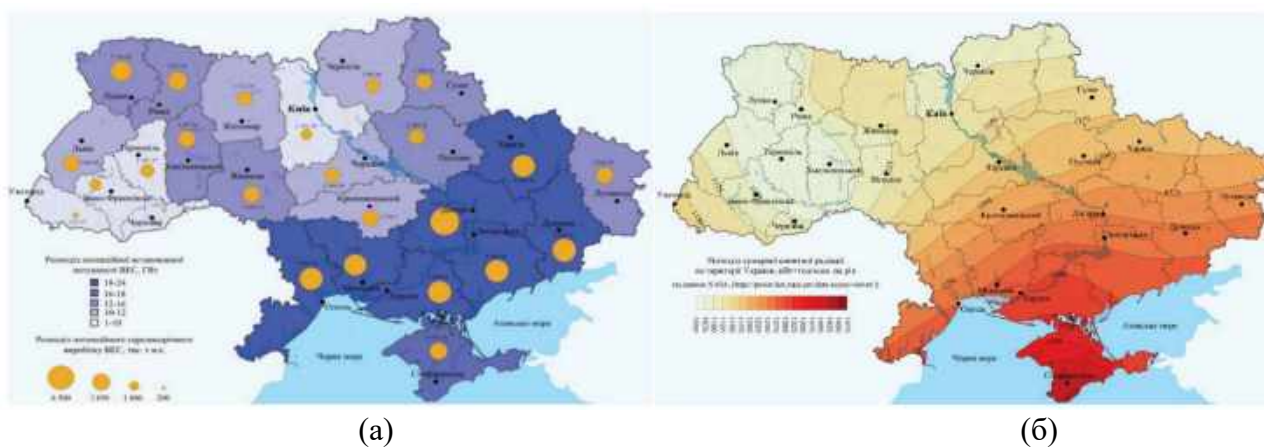


Рис. 1 – Карта розподілу вітрової енергії (а) та сонячної радіації (б) та території України

Використання відновлюваних джерел енергії є одним із найбільш важливих напрямів енергетичної політики України, спрямованої на заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів та покращення екологічної ситуації в країні. Збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії в енергетичній системі України сприятиме підвищенню диверсифікації джерел енергоносіїв, що, в свою чергу, сприятиме зміцненню енергетичної незалежності країни.

**Висновок.** Реалізація зарядних станцій на відновлюваній енергії є доцільною, а в певних умовах єдиною можливою, для створення розгалуженої інфраструктури зарядних станцій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року / Кабінету Міністрів України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>
2. Робота ОЕС. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/robota-oes-ukrayiny-zatyzhden/>
3. Павлов В. Б. Зарядження електромобілів від відновлюваних джерел / В. Б. Павлов, В. І. Будько // Технічна електродинаміка. – 2017. – №6. – С. 32–35.
4. Будько В. І. Аналіз доцільності впровадження зарядних станцій електромобілів на основі відновлюваних джерел енергії в Україні / В. І. Будько // Відновлювана енергетика. – 2016. – №4. – С. 32–41.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Федорейко В. С. д.т.н., проф.,

Загородній Р. І. к.т.н. e-mail: [zagoroman@ukr.net](mailto:zagoroman@ukr.net)

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

**Актуальність дослідження.** Україна займає одне із останніх місць в системі первинної генерації теплової енергії з біологічних відходів. В той же час більшість європейських країн, використовуючи біомасу з однорічним циклом відновлення (полова, солома, елеваторні відходи тощо), досягли достойних 20-30 % в енергобалансах своїх країн, декларуючи свою незмінну прихильність до зеленої енергетики.

Процес сушіння зернових культур є найбільш енергоємним технологічним процесом в агропромисловому комплексі. На це витрачається близько 2 млрд. м<sup>3</sup> природного газу, дизельного палива, використання яких призводить до різкого збільшення вартості продукції, яка є однією із основних експортних статей валютних надходжень в бюджет держави [3].

Дослідження свідчать, що заміна традиційного палива на відновлювальні біологічні відходи місцевого походження сприяє зменшенню споживання природного газу, створює практично нульове навантаження на довкілля [1], а також забезпечує створення додаткових робочих місць. Якщо врахувати, що в агропромисловому комплексі нашої держави щорічно продукується технічно доступний об'єм біовідходів в кількості 25 млн. тонн, а 2,5-3,0 тонни заміщає 1000 м<sup>3</sup> природного газу, то реалізація диверсифікаційних зусиль в системах первинної генерації теплової енергії може скласти величину, адекватну імпорту 9-10 млрд. м<sup>3</sup> газу [3]. Наразі сільськогосподарські відходи та агробіопалива не набули широкого застосування в енергетиці, і їх частка в енергетичних балансах країн світу є незначною. В той же час потенціал для використання є досить великим, зокрема в аграрних країнах, таких як Україна.

**Метою досліджень** є розробка нових, ефективних технологій енергогенерації на основі несертифікованого палива місцевого походження з однорічним циклом відновлення. Адже доступність сучасного обладнання створює передумови для широкого використання сільськогосподарських відходів у майбутньому. Наявність обмеженої кількості власного викопного палива і національні плани з розвитку відновлюваної енергетики та скорочення викидів парникових газів вимагають залучення нових видів сировини і палива для виробництва енергії. Обмежений потенціал для збільшення використання деревного біопалива і значно вищий потенціал сільськогосподарських відходів відкривають нові можливості розвитку як для сектору енергетики, так і для сільського господарства. Аналіз структури споживання біомаси свідчить про необхідність більш широкого використання аграрних відходів та спеціальних енергетичних культур як палива [2].

**Основні матеріали досліджень.** Для ефективного використання біопалива місцевого походження з однорічним циклом відновлення науковцями науково-дослідної лабораторії «Енергетичний менеджмент» Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка розробили твердопаливний теплогенератор-утилізатор. В розробці використовуються теплогенератори, на базі вихрового безперервного горіння несертифікованого подрібненого палива (рис. 1). Подача палива в них здійснюється за допомогою шнека-дозатора з використанням частотно-регульованого асинхронного електропривода та аспіраційного вентилятора. Даний теплогенератор адаптований до зернової сушарки ДСП-32 пройшов успішні випробування, забезпечив ефективне сушіння зернових. Проведені дослідження свідчать, що для визначення оптимальних режимів роботи систем генерації теплової енергії, які використовують несертифіковане паливо, необхідно враховувати його теплотворні характеристики. Ефективність процесу горіння палива забезпечує економічність роботи теплогенератора і сприяє зниженню забруднення навколишнього середовища. Процес вихрового горіння потребує регулювання подачі

повітря, відповідно до вологості та теплотехнічних властивостей палива, зокрема з урахуванням значення коефіцієнта надлишку повітря. Також для ефективного горіння твердого палива необхідно забезпечити узгоджене керування окремими модулями електротехнологічного комплексу теплогенератора, зокрема вирішення задачі регулювання частоти обертання електроприводів вентиляторів та шнека, що визначають об'єми дозування компонентів паливної суміші та режими вихрового горіння.



Рис. 1. Вихровий твердопаливний теплогенератор з сушаркою ДСП-32.



Рис. 2 Автоматизована система керування комплексом

Для підвищення енергоефективності роботи систем генерації теплової енергії розроблено автоматизовану систему керування комплексом, яка враховує ряд недетермінованих чинників, зокрема що впливають на його роботу: теплотворні властивості палива, температуру і вологість повітря, що подається в камеру згорання (рис. 2). Розроблена система дозволяє задавати необхідну температуру сушильного агента і підтримує її в межах  $\pm 0,5$  °С, після виходу на задану температуру.

**Висновок.** Фактологічні дослідження свідчать, що заміна традиційного палива на відновлювальні біологічні відходи місцевого походження сприяє кардинальному зменшенню споживання природнього газу, створює практично нульове навантаження на довкілля, а також забезпечує створення додаткових робочих місць. Загальновідомо, що 2,5 – 3,0 т несертифікованого палива з біовідходів заміщає 1000 м<sup>3</sup> природнього газу. Утилізувавши 2,5 – 3,0 тони відходів, при ціні 1 400 – 1 600 грн/т з врахуванням логістичних, експлуатаційних та зарплатних витрат, ми отримуємо ціну теплової енергії в 8-10 разів дешевшу від традиційної вуглеводневої (при сьгоднішніх цінах).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Economic and ecological aspects of complex generation and utilization of energy in urbanized areas: a monograph. G.G. Pivnyak, O.S. Beshta, O.M. Tabachenko and others. Natsionaln. Hirnyc. Univers. 2013. 317 p.

2. Fedoreiko, V. S., Lutsyk, I. B., Iskersky, I. S. and Zagorodnii R. I. (2014), “Increase of energy efficiency of heat generator through batching components of burning”, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. no. 4, pp. 27–32. <http://nv.nmu.org.ua/index.php/uk/arkhiv-zhurnalu/za-vipuskami/960-2014/zmist-4-2014/elektrotekhnichni-kompleksi-ta-sistemi/2630>

3. Fedoreiko, V. S., Rutylo, M. I., Iskersky, I. S., Zagorodnii R. I. (2020) Optimization of heat production processes in the biofuel vortex combustion systems. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. no 6, pp. 83 – 88. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-6/083>

### СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

УДК 621.316

#### ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАСОСА

Бондаренко М. О., аспірант, e-mail: [miwanya2008@gmail.com](mailto:miwanya2008@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

Лисиченко Р. М., к.т.н., e-mail: [rlsychenko@gmail.com](mailto:rlsychenko@gmail.com)

ТОВ «Компанія кольорової поліграфії «Україна – Юнь Чень»

**Актуальність дослідження.** Відомо, що основним споживачем електричної енергії є електропривод робочих машин і механізмів. Останнім часом значно збільшилась кількість регульованого електроприводу, як на промислових підприємствах, так і в сільськогосподарському виробництві. Регулювання частоти обертання робочого органу робочої машини або механізму здійснюється в залежності від зміни параметрів процесу завдяки встановлення різного роду датчиків контролю температури, тиску, швидкості, положення, ін. Однак, як показує аналіз науково-технічної літератури, застосування перетворювачів частоти (ПЧ) для зміни частоти обертання асинхронного двигуна має негативний вплив на мережу живлення, внаслідок наявності в них напівпровідникових елементів з нелінійними характеристиками, які впливають на показники якості електричної енергії в мережі (ЯЕЕ)[1].

Так, основним елементом ПЧ є інвертор напруги, який має достатньо складну будову та складається з тиристорів, польових транзисторів, які в певних режимах генерують вищі гармоніки в мережу та впливають на форму синусоїди, може змінюватись форма синусоїди, збільшується рівень вищих гармонічних складових, ін. В результаті – погіршує показники ЯЕЕ що ускладнює роботу споживачів, які підключені до мережі. Крім того, помітно збільшуються, втрати електроенергії при перехідних режимах роботи коли відбувається зміни частоти обертання асинхронного електродвигуна [2,3].

**Мета дослідження.** Визначення впливу неякісної електричної енергії на ефективність роботи частотно-регульованого електроприводу насосу мережі водопостачання об'єкту.

**Основні матеріали дослідження.** Дослідження проводились на насосній станції першого і другого підйомів КП «Уманьводоканал». Електропостачання насосних установок першого підйому здійснюється від ТП 10/0,4 кВ з одним трансформатором ТМ 1000/10 10/0,4 кВ, основними споживачами є електропривод двох насосів з асинхронними електродвигунами потужністю по 90,0 кВт. У нормальному режимі працює, як правило, один насос. В окремих випадках, наприклад, в години максимального споживання, автоматично підключається другий насос.

Електропостачання насосної станції другого підйому здійснюється від ТП 10/0,4 кВ з двома трансформаторами ТМ 1000/10 10/0,4 кВ, основними споживачами є електропривод чотирьох насосів з асинхронними електродвигунами потужністю по 50,0 кВт кожний. У нормальному режимі працюють два насоси, а в аварійному режимі підключаються інші два.

Крім мережевих насосів, для забезпечення технологічних процесів за визначеним графіком працюють електроприводи одного турбоповітрянаддуву, двох промивних насосів, одного насосу тимчасового підкачування та інше допоміжне обладнання.

Аналіз проведених вимірювань на вводі шафи живлення насосних станцій першого і другого підйомів дозволяє зробити висновок про те, що на підстанціях показники ЯЕЕ, в цілому відповідають вимогам ДСТУ EN50160:2014. Зокрема, в рамках допустимих значень знаходяться такі показники, як: відхилення частоти –  $\Delta f$ ; коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги –  $K_U$ ; коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю –  $K_{2U}$ ; коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю –

$K_{0U}$ ; тривалість провалу напруги –  $\Delta t_n$ ; коефіцієнт тимчасової перенапруги –  $K_{перU}$ . Однак, за межі нормально допустимих значень виходять наступні показники ЯЕЕ: усталене відхилення напруги –  $\delta U_y$ ; коефіцієнт  $n$ -ої гармонічної складової напруги –  $K_{U(n)}$  (рис. 1).

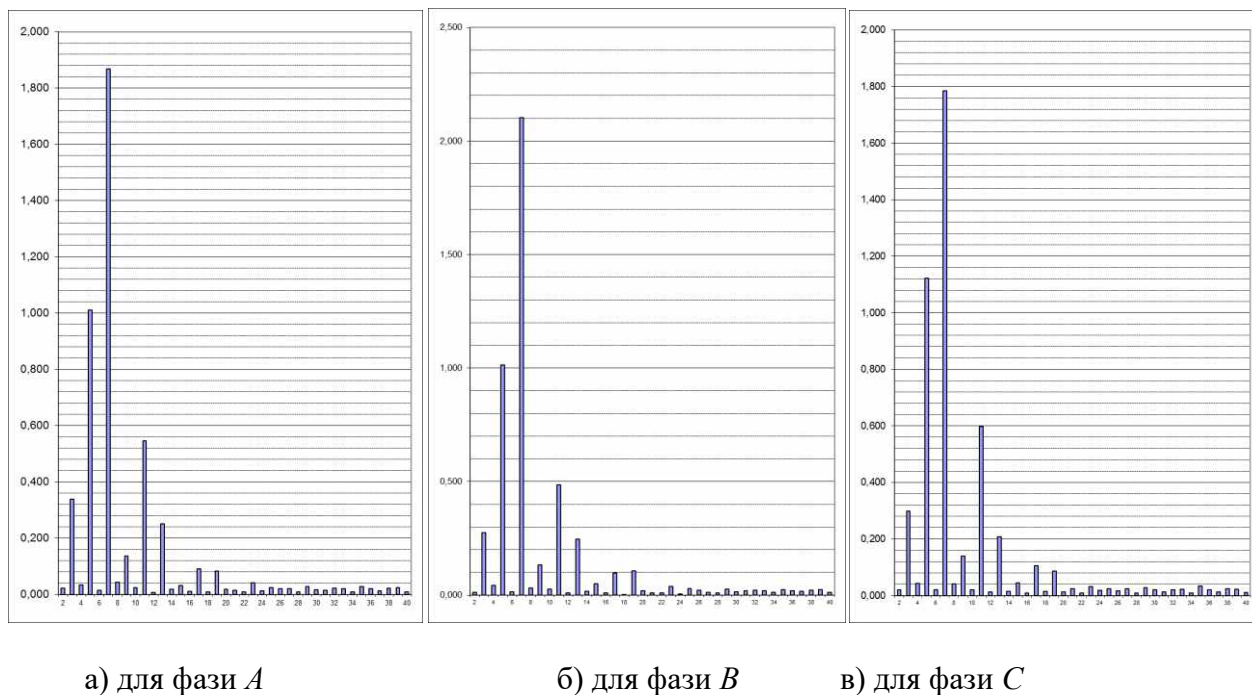


Рис.1 – Коефіцієнт  $n$ -ї гармонічної складової напруги -  $K_{U(n)}$

Тобто, отримані результати відхилень показників ЯЕЕ, по двом останнім параметрам, вказує на невідповідність електроенергії постачальника споживачам електроенергії на насосній станції першого та другого підйомів[4].

**Висновок.** Таким чином, при живленні неякісною електричною енергією частотно-регульованих електроприводів мережевих насосів може спостерігатись, в перехідний період роботи інвертора ПЧ, короткочасова зміна моменту на валу асинхронного двигуна, і як наслідок, зміна напору води, що може приводити до виникнення гідроудару і пориву трубопроводу. Для кількісної оцінки втрат споживачів від неякісної електроенергії необхідно провести співставлення графіків постачання неякісної електроенергії з даними по виникненню аварій на мережевих водопроводах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Голодний І. М. Моделирование регулируемого электропривода / І. М. Голодний, Ю. М. Лаврінченко, Л. С. Червінський – К.: АграрМедія Груп, 2013. – 227 с.
2. Лисиченко Р. М. Аналіз способів підвищення ефективності електричного приводу в АПК // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2016. – С. 116-118.
3. Гуревич В. І. Підвищення якості електроенергії в мережах з нелінійними електроспоживачами / В. І. Гуревич, П. І. Савченко, Р. М. Лисиченко, О. О. Мірошник // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Т.4. – С. 148-151.
4. Сокол Є. І. Несинусоїдальні і несиметричні режими в електроенергетичних системах / Є. І. Сокол, Г. А. Сендерович, О. Г. Гриб, ін. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2021. – 202 с.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Гусак Д. В., магістр, e-mail: [dmytro.gusak@kname.edu.ua](mailto:dmytro.gusak@kname.edu.ua)

Герасименко В. А., к.т.н., e-mail: [vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua](mailto:vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua)

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

**Актуальність дослідження.** Повний перехід на тяговий електропривод змінного струму на міському електричному транспорті неминучий та дозволяє підвищити техніко-економічні та експлуатаційні показники.

Однак, на даний час, в Україні, переважна більшість електрорухомого складу приводиться у рух тяговими двигунами постійного струму, здебільшого із застарілою системою керування при значних енерговитратах. Значна вартість нового електрорухомого складу та його несвоєчасне оновлення ставлять питання щодо раціональності модернізації існуючого рухомого складу.

Актуальність дослідження роботи полягає у модифікації вагонів метрополітену сучасними асинхронними двигунами за допомогою використання нових напівпровідникових приладів у системі керування, що дозволить покращити техніко-економічні показники та зекономити бюджетні кошти.

**Метою дослідження** є вдосконалення ефективності роботи вагонів метрополітену шляхом покращення тягових якостей електроприводів на підставі впровадження сучасних систем керування.

**Основні матеріали досліджень.** Дослідивши роботи відомих вчених можна зробити висновок, що основним напрямом реалізації енергоефективності є раціональна організація пускових та гальмівних режимів електроприводів. Суттєве покращення характеристик тягового електроприводу досягається при використанні імпульсного регулювання напруги. Це рішення добре зарекомендувало себе у цифровій (транзисторній) системі автоматичного керування.

Виходячи з проведеного аналізу можна сформулювати вимоги до системи керування електроприводом, яких треба дотримуватися при проектуванні та розробці:

- модернізація повинна бути економічно виправдана;
- вартість капітального відновлювального ремонту повинна бути істотно нижче вартості нового рухомого складу;
- у результаті модернізації повинні бути істотно знижені витрати електроенергії на тягу за рахунок застосування безреостатного пуску та рекуперативного гальмування з поверненням енергії до мережі;
- у результаті модернізації повинні бути істотно знижені витрати на технічне обслуговування та ремонт рухомого складу;
- обсяг та характер робіт при проведенні модернізації повинен дозволяти виконувати їх в умовах добре оснащеного цеху планового ремонту депо.

У роботі проаналізовані недоліки штатного варіанту тягового електрообладнання вагонів метрополітену типу 81-714/717 та визначено оптимальний спосіб їх усунення: впровадження напівпровідникової системи імпульсного регулювання ТЕД постійного струму при виробництві капітально-відновлювального ремонту.

Структурна схема модернізованого комплексу вагону метрополітену представлена на рис. 1. У двох однакових ящиках розміщені по два лінійні контактори ЛК 1, 2 та ЛК 3, 4 (для кожного з двох тягових електроприводів колісних пар кожного візка), по два індивідуальні реактори вхідного фільтра (РВІ 1, 2 і РВІ 3, 4) та по два вхідних індивідуальних варістора реакторів. У кожному з двох однакових блоків БПТ 1,2 розміщені по дві силові перетворювальні установки (СПУ 1,2). Також розміщені блоки заряду конденсаторів

фільтрів обох СПУ, два контролера електроприводу (КЕП 1, 2), по одному блоку живлення вентиляторів (БПВ) і по одному перетворювачу (80/24 В).

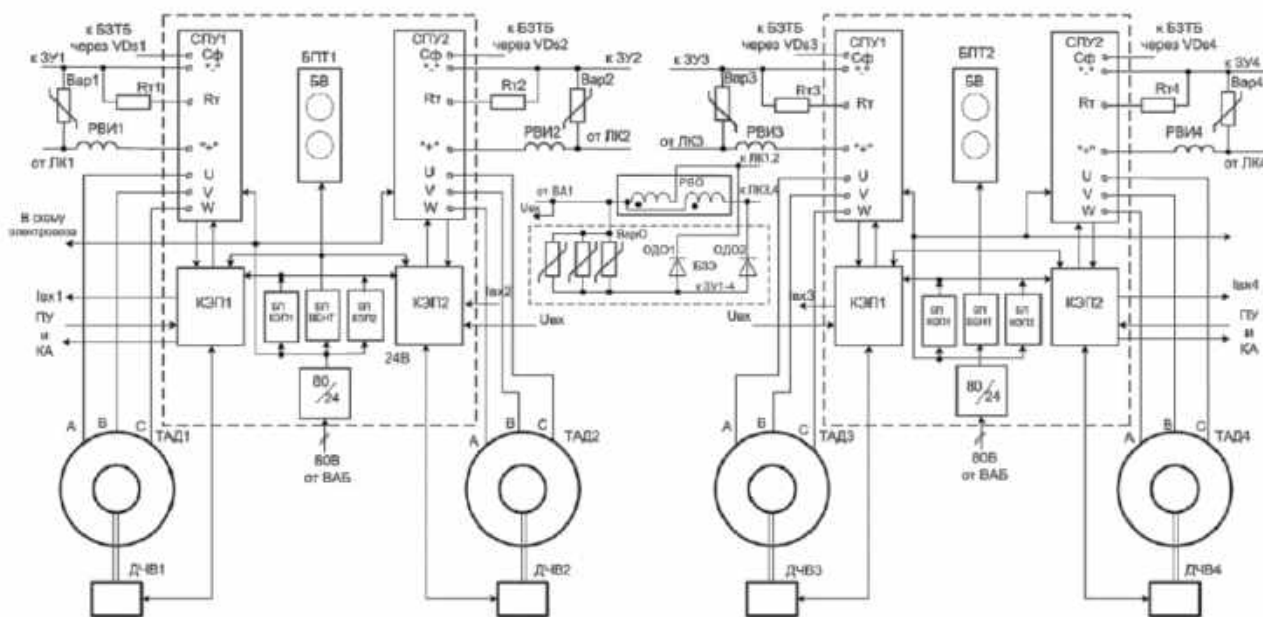


Рис. 1 – Структурна схема модернізованого комплексу обладнання

Виконавчим органом запропонованого блоку перетворення тяги є силова перетворювальна установка, яка змінює напругу та її частоту від контактної мережі шляхом відкриття та закриття транзисторних ключів (за допомогою ШІМ контролера). До її складу входять: конденсатор вхідного фільтру з розрядними резисторами, імпульсний обмежувач напруги (ОН), трифазний мостовий автономний інвертор напруги (АІН). Всі ці функціональні вузли виконані на біполярних IGBT-транзисторах.

Також додатково встановлені захисні снабери та драйвери, які змонтовано на кожному силовому транзисторі. Керування усіма транзисторними ключами забезпечується індивідуальними драйверами, що призначені для узгодження електричних та часових параметрів імпульсів керування, з параметрами, що необхідні транзисторним ключам для їх відкриття та закриття.

**Висновки.** Математична модель запропонованої системи побудована у середовищі MATLAB Simulink при використанні бібліотеки SimPowerSystem. Отримані осцилограми дозволяють зробити висновок, що заданий електромагнітний момент було розвинуто, швидкість моторного вагону з модернізованим комплектом обладнання досягає конструкційної.

Проведене дослідження може бути використане при модернізації електрорухомого складу (на прикладі вагонів метрополітену), що дозволить підвищити енергоефективність та надійність електричного й механічного обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чиликін М. Г., Сандлер А. С. Загальний курс електроприводу К.: Вища школа, 2005. 346 с.
2. Мокін Б. І., Мокін О. Б. Оптимізація електроприводів: Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 250 с.
3. Sim Power Systems. For Use with Simulink. User's Guide. Version 3 [Електронний ресурс] / Hydro-Quebec, TransEnergie Technologies, 2003. – 620 p.

ВДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ  
ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Захаров М. І., магістр, e-mail: [maksym.zakharov@kname.edu.ua](mailto:maksym.zakharov@kname.edu.ua)

Герасименко В. А., к.т.н., e-mail: [vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua](mailto:vitaliy.gerasimenko@kname.edu.ua)

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

**Актуальність дослідження.** Електромобіль – це транспортний засіб, основним джерелом енергії якого є електрохімічна акумуляторна батарея. До акумуляторних батарей тягового приводу електромобіля застосовуються ряд вимог. Вони повинні бути вибухо- і пожежобезпечними, мати мінімальні масогабаритні показники, високий ККД, мати широкий діапазон робочих температур, мінімальний саморозряд, високий термін служби, бути механічно міцними, простими в обслуговуванні та виділяти мінімум токсичних газівиділень.

Слід зазначити, що сучасна електрохімічна акумуляторна батарея є не тільки звичайним носієм заряду, але так само включає в себе електронне обладнання для діагностики її стану. Дана система контролю та управління у складі електрохімічного накопичувача дозволяє підвищити довговічність акумуляторних батарей: вибухо- і пожежобезпечність, простоту обслуговування та високий термін служби АКБ.

Актуальність дослідження полягає у створенні системи контролю та управління акумуляторною батареєю, що забезпечить його оптимальні режими експлуатації.

**Метою даного дослідження** є підвищення експлуатаційної надійності акумуляторних батарей, відповідно до вимог правильної експлуатації та вибору найкращого технічного рішення системи контролю та управління.

**Основні матеріали досліджень.** На даний час експлуатаційні характеристики електромобіля визначаються, насамперед, параметрами електрохімічного джерела енергії. Потужність джерела енергії визначає його динамічні характеристики (час розгону, рух на підйом), а ресурс роботи і надійність – ресурс електромобіля в цілому.

Li-іонні акумулятори, зі своїми високими питомими характеристиками, завойовують все більш широкий ринок і поступово відтісняють інші електрохімічні системи, що використовуються на даний час в тяговому приводі електромобілів. На сьогоднішній день, альтернатива Li-іонному акумулятору є Li-полімерне джерело струму, яке можна розглядати як окрему модифікацію Li-іон електрохімічної системи.

Відмова системи контролю та управління тягової акумуляторної батареї може спричинити за собою вихід її з ладу. В цьому випадку, контроль батареї не здійснюється, що може привести до неконтрольованого збільшення зарядних і розрядних струмів, вихід за порогові рівні напруги акумуляторів, температури та тиску. Все це створює небезпеку розгерметизації батареї, і навіть її займання.

Пристрій захисту створюється з метою, щоб забезпечити контроль системи контролю і управління на предмет відмови її працездатності. Макетний зразок пристрою захисту може бути зібраний на базі мікропроцесорної логіки, блок-схема якого зображена на рис. 1.

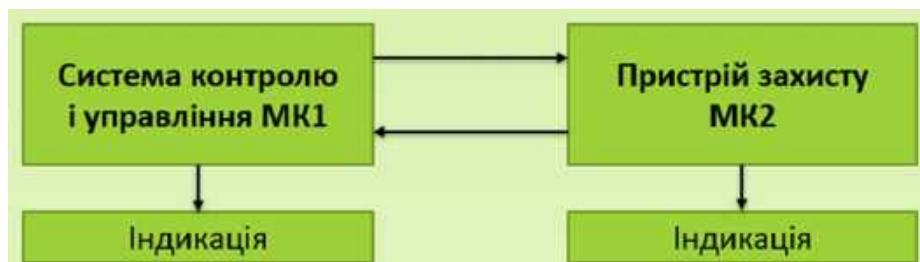


Рис. 1 – Блок-схема макетного зразка пристрою захисту



Блок-схема макетного зразка пристрою захисту являє собою два мікроконтролера, один з яких представлений у якості системи контролю та управління батареєю електромобіля (МК1), інший – пристроєм захисту (МК2). Кожен мікроконтролер має світлову індикацію, що дозволяє визначити стан пристроїв системи.

Система контролю і управління побудована за принципом дворівневої ієрархічної структури. Верхній рівень являє собою провідний пристрій, а нижній, групу підлеглих (ведених) пристроїв. Ведені пристрої рівноправні по відношенню один до одного, кожне з яких відповідає за контроль стану групи акумуляторів батареї. Секція складається з групи послідовно з'єднаних акумуляторів, кількість яких розраховується виходячи з величини напруги акумуляторної батареї і обмеженнями, пов'язаними зі схематичними можливостями застосовуваної елементної бази.

Основним елементом системи контролю та управління нижнього рівня є мікроконтролер МК1. Даний мікроконтролер виконує функцію збору, обробки інформації, що надходить з датчиків напруги, температури і тиску з подальшою передачею даних верхнього рівня системи через приймально-передавальний пристрій. Комутаційні елементи призначені для послідовної комутації потенційних виводів кожного акумулятора до вимірювального виводу мікроконтролеру. Відповідно, дешифратори задають номер комутуваної пари елементів з набору. Датчики температури з цифровим виходом акумуляторів батареї, передають інформацію в мікроконтролер по послідовному каналу двостороннього обміну даними і дозволяють скоротити кількість комутаційних елементів системи управління. Джерело опорної напруги задає напругу, щодо якого здійснюється цифро-аналогове перетворення сигналів, що надходять на аналогові входи та мікроконтролера.

Елементна база системи контролю та управління вибирається з міркувань надійності роботи пристрою і простоти побудови електричної схеми. У розробці електричної схеми пристрою застосовуються сучасні апаратні засоби. Робочий температурний діапазон комплектуючих елементів системи повинен задовольняти машинобудівним стандартам і забезпечувати безперебійне функціонування в межах  $-40+85^{\circ}\text{C}$ .

**Висновки.** Вибір елементної бази для верхнього рівня системи контролю та управління носить рекомендаційний характер. Для виробництва експериментального зразка пристрою, інтегральні мікросхеми вибираються в корпусах DIP (PDIP). Це обумовлено меншою трудомісткістю при розведенні друкованої плати та швидкої заміни елементів у разі виходу з ладу або невідповідності заданим технічним параметрам.

Результати роботи дозволяють правильно спроектувати систему контролю та управління при розробці чи модернізації електромобіля. Розроблена система захисту досить проста у розумінні процесів синхронізації сигналів ліній зв'язку та не вимагає значних апаратних ресурсів. Зазначені переваги і безвідмовність функціонування у складі промислового обладнання, дозволяє рекомендувати використання даної структури пристрою захисту в комплексі системи контролю та управління тягової акумуляторної батареї електромобіля.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Advances in Lithium-Ion Batteries/Ed. W. A. Vah Schalkwijk and B. Scrosati. N. Y. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.
2. Gregory L. Extended Kalman filtering for battery management systems LiPB-based HEV battery packs. Part 1. Background. Journal of Power Sources, – 2004 – 252 p.
3. Акумуляторні батареї [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.ecosvit.net/ua/akumulyatorni-batarei-akumulyatori-lipo>

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ КІНЕМАТИКОЮ ТА ДИНАМІКОЮ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Іванченко О. В., студент 4 курсу, e-mail: [allo290416117@gmail.com](mailto:allo290416117@gmail.com)

Гузенко В. В., к.т.н., ст.викл., e-mail: [hnaghv@btu.kharkov.ua](mailto:hnaghv@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** В даний час у світі новітніх технологій зростаюча складність сучасних роботів ставить нові завдання та проблеми з точки зору організації системи керування рухом робототехнічної системи. Розвиток елементної бази, розробка нових матеріалів, вивчення нових методів, дослідження нових математичних моделей дозволяє створювати робототехнічні системи, що мають десятки і сотні ступенів свободи, і здатні працювати в режимі реального часу.

Класифікуються математичні моделі за характеристиками виконавчих пристроїв, а також за технічними вимогами, які пред'являються до них. Існує три типи математичних моделей: кінематичні, статичні та динамічні. Істотною особливістю, що обумовлює обмеження використання динамічних моделей, є їх складність, але в будь-якому випадку необхідно враховувати кінематику та динаміку рухів робота для точного завдання траєкторій рухів ланок робота.

Для керування роботом використовуються різні виконавчі механізми - маніпуляційні, пересування та системи управління. Механічна система як об'єкт керування може бути охарактеризована такими параметрами, як тип і число переносних і робочих ступенів рухливості, що орієнтують, тип і розмір робочої зони.

Виконавчі механізми складаються з механічної системи та приводів, у маніпуляторів ще робочим органом чи інструментом. Системи пересування можуть мати робочий орган (підйомник, лебідка, у разі крокуючих роботів – стопи) [1].

Системи управління рухом робототехнічної системи бувають двох типів – централізованими та децентралізованими. Централізовані системи характеризуються як єдина система, яка включає всі приводи і механічні ланки. У децентралізованих системах робот предстает як набір незалежних підсистем. Як показали дослідження, що саме складність врахування впливу незв'язаних ланок на динаміку робота робить цей напрямок актуальною задачею.

**Мета роботи.** Проаналізувати методи керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем.

**Основні матеріали дослідження.** Як показують дослідження, що будь-яка схема централізованої системи керування рухом робота повинна мати такі елементи: пульт керування (для того, щоб у користувача була можливість задати рух та його параметри), пристрій керування (синтезує управляючі сигнали на основі отриманих даних від датчиків та даних генератора траєкторій) та генератор траєкторій (елемент, за допомогою якого здійснюється прийом команди від контролера для подальшого розрахунку траєкторії керованих ланок).

Існує безліч способів завдання програмного руху, які поділяються на дві основні групи: теоретичні методи (засновані на побудові різних математичних моделей) та методи, засновані на навчанні. У деяких випадках використовують комбіновані методи, які поєднують у собі особливості перерахованих вище методів [2]. Для методів, заснованих на навчанні, джерелом програмного руху можуть стати різного роду системи типу людина-оператор, або екзоскелети, в яких робототехнічна система детально копіює рухи оператора, на якого одягнений спеціальний костюм (каркас) із безліччю датчиків.

Крім методу, заснованого на захопленні рухів, використовують штучні нейронні мережі (ШНМ). Штучні нейронні мережі мають низку переваг: здатність навчання штучної нейронної мережі дозволяє позбутися традиційного математичного апарату,

використовуваного для опису робота, високий ступінь паралельності мережі дозволяє значно збільшити їхню продуктивність завдяки розвитку сучасних методів паралельних розрахунків.

Можна виділити два методи отримання нейромережевих моделей:

offline

– з вибірки вхідних та вихідних сигналів, отриманої заздалегідь з навчального об'єкта (отримують або пряму, або інверсну модель динаміки об'єкта в залежності від вхідних даних).

on-line

в цьому випадку ШНМ включається до системи управління паралельно керованому об'єкту, навчання ШНМ відбувається помилково між вимірними даними та даними сформованими мережею.

Використання ШНМ для вирішення завдань ідентифікації динаміки керованого об'єкта обумовлено високою складністю математичних моделей, що враховують динаміку ланок, механічні характеристики сполучних елементів, геометричні розміри, сили та моменти, що діють на елементи систем. Як вхідні дані для ШНМ використовуються узагальнені координати, швидкості та керуючі моменти тощо. Вихідними сигналами є швидкості та прискорення керованих ланок [2].

Третім методом вважатимуться синтез алгоритмів управління методом зворотного завдання. Історично під розподілом на пряму та зворотну задачі мається на увазі наступне:

- пряме завдання динаміки - за заданим характером руху визначити рівнодіючу сил, що діють на тіло;

Зворотне завдання динаміки - за заданими силами визначити характер руху тіла.

З погляду систем управління зворотне завдання – це визначення узагальнених координат маніпулятора за заданим положенням в опорній системі координат робочого органу (або ланки). Для того, щоб досягти точного відстеження траєкторій, необхідно брати до уваги повну модель динаміки робототехнічної системи.

Даний метод набув неширокого поширення у зв'язку зі складністю реалізації та складністю використання. При використанні цього в процесі управління необхідно постійно розв'язувати рівняння, що описують повну динамічну модель робота. Наприклад, для маніпулятора лише з чотирьох ланок – вже близько десятка рівнянь, а у випадку з крокуючим роботом або таким, що виконує складні функції, більше сотні. Досі не розроблено систематичну процедуру для синтезу управління довільної структури, вибір моделі, підбір коефіцієнтів зворотного зв'язку, оцінка робастності.

У динаміці кроків якимось чином роботів широко використовується метод заданої синергії, що відноситься до класу напівзворотних методів. Головна ідея цього методу полягає в тому, що координати деяких ланок задаються явно (номінальна або штучна синергія), а координати інших ланок визначаються з рівнянь руху (компенсаторна синергія).

**Висновок.** Проаналізувавши різні способи керування рухом робототехнічної системи, було виявлено, що незалежно від способу завдання рухів центральне місце в системі управління займає генератор траєкторій. За підсумками програмних траєкторій, одержуваних із нього, і будуються системи керування роботами.

На даний момент існує більше різноманітних методів керування рухом робота, які дозволяють реалізувати величезний спектр завдань. Вибір методу керування цілком залежить від поставлених цілей перед роботом, способу реалізації, обраного програмного забезпечення для керування і, звичайно, кількості наявних засобів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тертичний-Даурі В. Ю. Динаміка робототехнічних систем. Колос: Київ, 2012.
2. Горіневський А. Т., Формальський А. М. // Управління маніпуляційними системами на основі інформації про зусилля. Київ: Фізматліт, 1994.

## КОНЦЕПЦІЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Кашкар'єв А. О., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного

**Актуальність досліджень.** Електроспоживання електроприводами є об'єктом дослідження наукових праць закордонних і вітчизняних вчених. Багато з них зводяться до обґрунтування раціонального використання перетворювачів частоти в умовах, які сформовані економічними, організаційними та технологічними вимогами [2, 7, 8, 9]. У контексті мети даної статті необхідно відзначити, що переважна більшість наукових робіт оперує серійним устаткуванням, котре постачається функціональним модулем та вимагає кваліфікованого настроювання [5, 6, 7, 9]. Розробка ж нових елементів живлення здебільшого обумовлена появою нової, більш ефективної та енергоощадної, елементної бази або появою нових концепцій електропостачання [1].

Раніше автором розглядалися питання вибору електроприводів електромеханічного комплексу для підвищення ефективності обробки садів на основі концепції використання дронів [3]. Одне з питань полягає в особливості вибору електроприводу робочих органів, а саме: можливість використання електроприводу постійного та змінного струму; керування приводом у широкому діапазоні швидкостей; моніторинг режимів роботи драйвера та робочої елементу на основі великої кількості параметрів [4]. Це питання було обумовлене пошуком оптимального рішення серед високої вартості приводів постійного струму та вагою приводів змінного струму з системою керування ними та аналогічними вихідними характеристиками. При виборі електроприводу враховуються механічні характеристики робочих органів, умови експлуатації та характеристики об'єкта керування [4]. З іншого боку, наявність широкого асортименту напівпровідникових приладів вимагає вирішити питання організації мережі живлення електросилового обладнання [1, 2]. Останнє особливо актуально в умовах стаціонарного або мобільного джерела живлення для мобільних або розподілених комплексів. Можна відзначити, що функціонал електроприводів постійного та змінного струму в тривалому режимі роботи, завдяки сучасним системам управління, дозволяє отримати практично ідентичні характеристики управління [4]. Крім того, вартість силових блоків самих систем управління постійно знижується, та зростає функціонал (методи діагностики обладнання, передача даних по різних каналах зв'язку, інструменти взаємодії з оператором тощо) та збільшується кількість опційних пристроїв (гальмівні резистори, фільтри гармонії, компенсатори реактивної потужності та ін.). Вказані причини також підтверджують необхідність приділення уваги на пошуку нових структур у класичній системі «джерело живлення» - «лінія зв'язку» - «електропривод» для мобільних та стаціонарних електромеханічних комплексів.

**Метою дослідження** є формалізація задачі обґрунтування мережі живлення електромеханічних комплексів, які мають лінію зв'язку із стаціонарним або мобільним джерелом живлення.

**Основні матеріали досліджень.** У загальному випадку можна виділити такі критерії вибору електроприводу [4]:

- 1) сукупна вартість закупки регульованого приводу та додаткового обладнання;
- 2) поточні експлуатаційні витрати: обслуговування, виробничі збитки, енергетична ефективність, придатність до ремонту;
- 3) технологічні та інноваційні аспекти: динамічний відклик, час розгону та ін.; масо-габаритні характеристики; відведення тепла;
- 4) експлуатаційна надійність, готовність приводів: відповідність національним та міжнародним вимогам і стандартам; відповідність умовам оточуючого середовища; ступінь захисту;
- 5) вплив на оточуюче середовище: викривлення напруги мережі; електромагнітна сумісність.

У контексті проєктів автора [3] та поставленої мети, приводи постійного струму в якості електроприводів електромеханічного комплексу має такий недолік як високе значення струму при малому значенні напруги живлення призводить до збільшення ваги та вартості лінії зв'язку з джерелом живлення, а також теплових втрат у лінії зв'язку. Двигун постійного струму U15II, який має номінальну напругу живлення 50 В, а струм 110 А [4]. Пропонується використати стандартний метод для зменшення струму у лінії зв'язку – збільшити напругу відповідно до норм безпеки, а саме до 1000 В (рис. 1) та використати не один потужний перетворювач, а кілька, відповідно до кількості електроприводів [1].

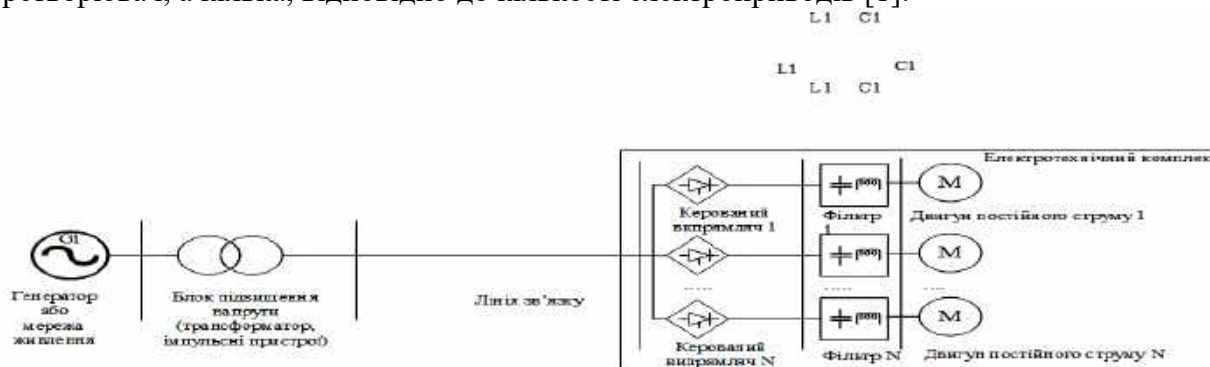


Рис. 1. – Структура мережі живлення електромеханічних комплексів

**Висновок.** Запропонована концепція потребує ґрунтовного підходу для оцінки ефективності та порівняння варіантів структур схем живлення між собою, реалізація якої вимагає використання сучасних інформаційних технологій та переважно модульного серійного обладнання. Критерії порівняння можна класифікувати за технологічними, економічними та організаційними ознаками, що є не тривіальною задачею для розробки бази даних обладнання та елементів, а також формування запитів до неї. При реалізації електромеханічних комплексів на основі концепції дронів ефективність використання двигунів постійного струму не підлягає сумніву, але обґрунтований вибір джерела живлення може сприяти підвищенню енергетичною ефективності та польотної ваги.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Chrysostomou, M.; Christofides, N.; Ioannou, S.; Polycarpou, A. Multicell Power Supplies for Improved Energy Efficiency in the Information and Communications Technology Infrastructures. *Energies* 2021, 14, 7038. <https://doi.org/10.3390/en14217038>
2. Frederik Dostal. Improving Power Supply Design Using Semi-Automation—Five Steps to Quick and Efficient Design. *FEB* 2021. VOL 55. URL: <https://www.analog.com/>
3. Kashkarov A. Semiautonomous dron for agriculture on the tractor base/ Kashkarov A., Diordiiev V., Sabo A., Novikov G. *Acta Technologica Agriculturae*, pp. 152-155, 4 2018. DOI:10.2478/ata-2018-0027
4. Volodymyr Diordiiev, Andrii Sabo, Anton Kashkarov and Gennadii Novikov, Simplified Methodology for Choosing a Driver for Technical Startup in Agriculture, 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Novembre 2020, DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240885
5. Variable frequency drive application guide. URL: <http://www.vfds.org/applications.html>
6. Variable Frequency Drives Explained. URL: <https://realpars.com/variable-frequency-drive/>
7. What is a variable frequency drive? URL: <https://www.danfoss.com/>
8. Абраменко І. Г. Дослідження шляхів керування енергоспоживанням електроприводів об'єктами агропромислового комплексу. Абраменко І. Г., Гузенко В. В. *Комунальне господарство міст*, 2018, випуск 7 (146), С. 106-109. DOI 10.33042/2522-1809-2018-7-146-106-109.
9. Лисиченко М. Л. Аналіз шляхів керування енергоспоживанням електроприводів об'єктами агропромислового комплексу. Лисиченко М. Л., Хандола Ю. М., Гузенко В. В. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, 2021, випуск 4 (22), С. 89-93.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИН ПРОПЛАВЛЕННЯ КОНТАКТІВ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПУСКАЧІВ ПРИ КОМУТАЦІЇ СТРУМУ

Коробський В. В., к.т.н., доц., e-mail: [kor.vladlen.2002@gmail.com](mailto:kor.vladlen.2002@gmail.com)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** При комутації змінного струму електромагнітними пускачами в контактному вузлі виділяється електромагнітна енергія  $W$ , при цьому може спостерігатися електрична дуга. Теплова енергія  $Q$  при цьому витрачається на нагрівання маси матеріалу контактів і частково на плавлення металу на робочій поверхні ( $Q_1$ ), а інша частина ( $Q_2$ ) - на нагрівання маси уже розплавленого металу до температури кипіння і на випаровування частини металу. З іншої сторони, ця енергія  $W$  має дві складові: одну – прямопропорційну часу горіння дуги  $t_0$  і яка обумовлюється активним навантаженням кола -  $W_R$ , та другу – постійну -  $W_L$ , яка дорівнює енергії магнітного поля, накопиченої в індуктивностях електричного кола і витрачається в комутуючих пристроях при комутації.

Якщо брати до уваги теплові і електромагнітні процеси для одного полюсу пускача, то отримаємо [1, 2]:

$$W = Q = Q_1 + Q_2 = W_R + W_L = P_{ср} \cdot t_0 + W_L = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_R + U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_L = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega, \quad (1)$$

де  $P_{ср} = \frac{1}{6} U_0 I_0 \left( 1 + 2 \frac{U_1}{U_0} \right)$  - середня потужність в контакт-деталях, яка визначається

активною складовою навантаження  $R_0$ , Вт; (2)

$U_0$  – напруга мережі (джерела живлення), В;

$I_0$  – струм навантаження, А;

$U_1$  – спад напруги на опорі контакту кола, В;

$\omega_R$  – коефіцієнт, який показує відношення напруг  $U_1$  і  $U_0$ ;

$\omega_L$  – коефіцієнт, який залежить від характеру навантаження кола;

$\omega$  – коефіцієнт, який залежить від характеру навантаження кола і показує долю енергії магнітного поля  $W_L$ , яка витрачається власне в контакт-деталях при їх розмиканні [2].

Важкі умови експлуатації електричних апаратів у сільському господарстві та численні фактори впливу утруднюють вибір контактного матеріалу для комутаційних апаратів. За останні роки зроблені спроби заміни контактного матеріалу Ag-CdO на менш токсичний. Створено екологічно безпечні контактні матеріали на основі міді для апаратів, що працюють в електроустановках агропромислового сектору, при невисокій вартості із заданим рівнем надійності щодо перехідного опору [4].

**Метою досліджень** є спроба встановлення взаємозв'язку між ерозійними явищами при комутації (глибиною проплавлення) та енергетичними параметрами контактного матеріалу.

**Основні матеріали досліджень.** Об'єкти експериментального дослідження - контакт-деталі електромагнітних пускачів ПМЛ-1100, що виготовлені з серійних (на основі срібла) і екологічно безпечних дослідних (на основі міді) контактних матеріалів [3]. Марки та склад матеріалів контактів наведено в дослідженні. Осцилограми напруги і струму, які отримані під час дослідження, зроблені з використанням універсального двохпроменевого запам'ятовуючого осцилографу С8-14. Параметри комутації (час горіння дуги і середнє значення струму в дузі) визначалося за осцилограмами.. Похибка виміряних величин не перевищує 5%. Математичні розрахунки проводилися з використанням програми «MathCAD». Кількість тепла, необхідного для нагрівання контакт-деталі до температури плавлення  $Q_1$  діє на робочій поверхні [1, 2]. Тепло надходить перпендикулярно до поверхні і теплопровідність у всіх напрямках – однакова. Вважаємо, що тривалість потоків тепла  $Q_1$  рівнозначна тривалості горіння електричної дуги між електродами  $t_0$  ( часу однократного замикання або розмикання контакт-деталей). Тому рівняння теплопровідності для нашого випадку (стаціонарний неоднорідний одновимірний процес) матиме наступний вигляд [1]:

$$\frac{dT(x,t)}{dt} = a \cdot \frac{d^2T(x,t)}{dx^2}, \quad (t > 0; 0 < x) \quad (3)$$

де  $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$  - коефіцієнт теплопровідності, м<sup>2</sup>/с;

- коефіцієнт теплопровідності, Вт/мК;

$c$  – питома теплоємність матеріалу контакт-деталі (ізохорна), Дж/кгК;

- густина контактного матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$t$  – час надходження тепла до контакт-деталі, с.

Розв'язок рівняння (3) дає можливість визначити температуру в будь-якій точці контакт-деталі вздовж осі  $x$  (повздовжня вісь) в кожний визначений момент часу  $t$ , включаючи і точки, які знаходяться на робочій поверхні ( $x=0$ ) в кінці проміжку комутації ( $t=t_0$ ) (рис. 1).

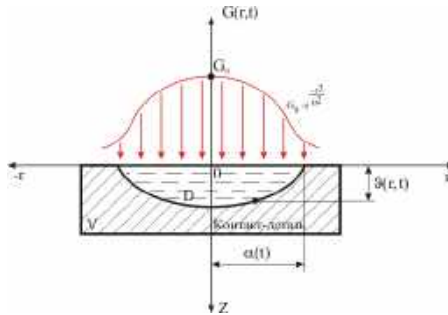


Рис.1

Визначення величини глибини проплавлення  $h$  зводиться до розв'язку рівняння (3), при цьому використаємо формулу (1). Після проведених математичних перетворень величина глибини проплавлення визначається:

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_0 I_0 \omega \sqrt{t_0}}{\psi b T_{розр}}} \quad (4)$$

де  $t_0$  - час горіння електричної дуги, який визначається за осцилограмами.

**Висновок.** 1. Ерозійна стійкість і величина глибини проплавлення контактів  $h$  є функцією енергетичних, теплофізичних характеристик контактного матеріалу, розрахункової температури розплавлення, кипіння, випаровування контактного матеріалу. Глибина проплавлення контактів залежить від енергетичних характеристик електричної дуги, в першу чергу від значення комутованого струму (4; 6,3; 10А) та часу горіння дуги. Розрахунок величини  $h$  здійснений для контактного матеріалу, який має гетерогенну структуру. Тому для контактів гомогенної структури картина може змінюватися і в розрахунках потрібно враховувати фактор гетерогенності. Результати розрахунку тепловиділення в процесі комутації електричного струму, теплового режиму та глибини проплавлення контактів пускачів досить гарно співпадають з експериментальними даними глибини проплавлення (за дослідженням шліфів повздовжнього перерізу електродів відрізняються на 4...5 %).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Карташов Э. М. Аналитическая теория теплопроводности и прикладной термоупругости / Э. М. Карташов, В. А. Кудинов. – М.: Либроком, 2018. – 656 с.
2. Томан А. С. Электроэнергетические показатели разрывных контактов / А. С.Томан, М. Ф. Сагач, С. П. Кохановский // Электрификация сельскохозяйственного производства. Научные труды УСХА. – К.: Издательство УСХА. – 1975. – вып. 110, том. II – С. 61–71.
3. Korobskiy V. V. New aspect so creation of environmentally friendly composite materials for contact systems of electric equipment in the agriculture sector: 2018. 11 th International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-11) / V. V. Korobskiy, A. M. Mrachkovskiy // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – Ivano–Frankivsk (Ukraine), May 21-25, 2018, – P. 35.

## РОБОТИЗОВАНА УЛЬТРАФІОЛЕТОВА УСТАНОВКА В СВИНАРНИКУ

Семенов О. О., аспірант, e-mail: [fanfan777@ukr.net](mailto:fanfan777@ukr.net)

Лисиченко М. Л., д.т.н., проф., e-mail: [lprlysychenko@ukr.net](mailto:lprlysychenko@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Відповідно існуючим інтенсивним технологіям розведення і утримання сільськогосподарських тварин передбачене постійне їх утримання в закритих приміщеннях, внаслідок чого, вони не мають доступу до сонячних променів, що має негативні наслідки на розвиток молодняка та імунітет дорослого поголів'я. Відомо, що для компенсації сонячної недостатності застосовують УФ-випромінювання в діапазоні 280-325 нм. Воно має позитивну дію на тварин, зокрема, під його впливом активізуються реакції метаболізму в організмі, активізується обмін речовин, підвищується продуктивність, покращується імунітет [1].

Так, встановлено, що після короткогодинного (0,5 год) опромінення поросят на відгодівлі дозою 20-90  $\text{мер}\cdot\text{год}/\text{м}^2$  збільшуються на 20 % їх середньодобові прирости живої маси, активізується процес утворення вітаміну *D* у епідермісі шкіри, що сприяє підвищенню імунітету та зниженню захворюваності в осінньо-зимовий період. Відповідно існуючим рекомендаціям доза опромінення повинна дорівнювати для поросят до від'єму – 20-25  $\text{мер}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ , підсвинків – 60-80  $\text{мер}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ , підсвинки на відгодівлі і свиноматки – 80-90  $\text{мер}\cdot\text{год}/\text{м}^2$  [2].

Відповідно існуючим типовим проектно-технологічним рішенням, приміщення свинарнику розділене на бокси, в яких утримуються групи тварин по 10-30 *шт* в залежності від віку та маси. Причому, частіше в одному ряду розміщуються групи з тваринами різної вікової категорії, а УФ-опромінювач рухається над боксами з постійною швидкістю або змінює швидкість по раніше визначеній програмі з урахуванням віку тварин в боксі. Однак, навіть реалізація графіка не гарантує дотримання дози УФ-опромінення, тварин можуть перевести в інше бокси після або для лікування, постійно змінюється жива маса і відповідно геометричні розміри при відгодівлі, причому у різних порід свиней інтенсивність набору маси різна, що теж впливає на невідповідність отриманої дози до рекомендацій. Крім того, процес опромінення здійснюється в період відпочинку свиней в період з 12:00 до 16:00 год, а обслуговуючий персонал відсутній в приміщенні [3].

Більш детальні дослідження щодо визначення шляхів потрапляння УФ-випромінювання у підшкірні шари дозволили встановити найбільш ймовірний напрямок через шерстини, які виконують функцію оптичного світловоду і каналізують потік фотонів у підшкірні шари та сприяють її пігментації та активізують фотохімічні реакції по утворенню вітаміну *D* [4].

**Мета дослідження.** Забезпечити отримання рекомендованої дози УФ-опромінення молодняком свиней з урахуванням віку тварин, геометричних розмірів, зниження потоку випромінювання лампи (внаслідок забруднення або фізичне старіння).

**Основні матеріали дослідження.** За основу технічного рішення прийнята найбільш поширена установка для УФ-опромінення свиней – рухома установка типу УО-4 з лампами типу ДРТ-400, опромінювач, який рухається з постійною швидкістю 2,0 м/хв над боксами з молодняком свиней завдяки застосуванню тросової лебідки.

Для досягнення сформульованої мети і враховуючи виявлені недоліки вказаної установки запропоновано удосконалити її конструкцію (рис.1):

– для надійного руху опромінювача та зміни напрямку «вперед», «назад» при пошуку тварин в боксі, молодняк свиней гуртується в окремих місцях на відпочинок, щоб опромінювати саме тварин, а не підлогу, направляючи виготовлено у вигляді жорсткої конструкції 1;



– в опромінювачі 2, окрім пускорегулюючого апарату і лампи 6, розміщено оптичний датчик контролю інтенсивності потоку випромінювання, який і враховує, в реальному часі можливі відхилення;

– для точної орієнтації та розміщення опромінювача 2 над скупченням тварин в боксі встановлено сервопривод 3;

– пульт керування з мікроконтролером та захисними апаратами встановлено в блоці 4, до якого підключені і дві відеокамери 5.

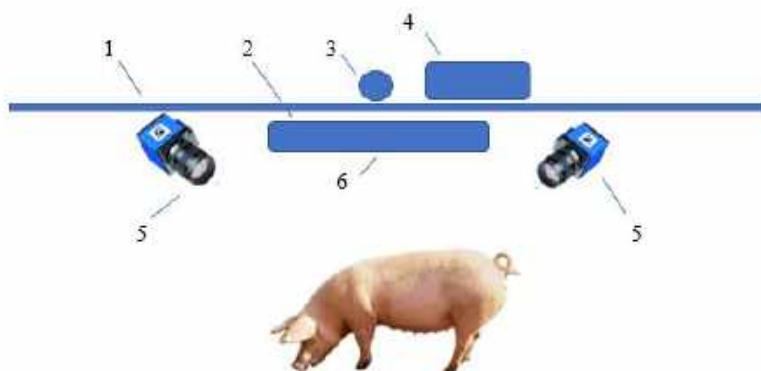


Рис. 1 – Конструкція УФ-установки для свинарника-відгодівельника:  
1 – направляюча, 2 – УФ-опромінювач з оптичним датчиком; 3 – сервопривод;  
4 – блок керування з мікроконтролером; 5 – відеокамера;  
6 – джерело випромінювання розрядна лампа високого тиску типу ДРТ 400

Процес УФ-опромінення тварин здійснюється в наступному порядку:

– обслуговуючий персонал, покидаючи приміщення свинарника на обідню перерву, включає установку в режим очікування;

– в середньому через 0,5 год, час необхідний для заспокоєння тварин і розміщення їх в групах на відпочинок, запускається лампа 6;

– через 8-12 хв, після виходу на номінальний режим генерації потоку УФ-випромінювання лампою 6, оптичний датчик формує сигнал мікроконтролеру для керування сервоприводом на початок руху і пошуку за допомогою двох відеокамер 5 місця розміщення групи тварин на підлозі боксу і визначення геометричних розмірів тварин та розрахунок тривалості опромінення;

– після відповідної орієнтації опромінювача 2 над групою тварин відбувається його фіксація на розрахований термін необхідний для отримання рекомендованої дози УФ-випромінювання;

– по завершенню сеансу УФ-опромінення 20-30 хв, відновлюється процес пересування по направляючій 1 опромінювача 3 для пошуку, за допомогою камер 5, наступної групи скупчення тварин і всі операції повторюється.

**Висновок.** Запропонована конструкція УФ-установки для опромінення свиней в свинарнику-відгодівельнику при утриманні тварин в боксах забезпечує в автоматичному режимі компенсацію сонячної недостатності молодняку на відгодівлі що в повній мірі забезпечує в осінньо-зимовий період підвищення імунітету, зниження рівня захворювання, ін.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бакшеев П. Д. Штучне опромінення тварин – К.: Урожай, 1980. – 78 с.
2. Рекомендації по примененію ультрафіолетового излучения в животноводстве и птицеводстве – М.: Колос, 1979. – 84 с.
3. Кушлик Р. В. Електричне освітлення та опромінення / Р. В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, ін. – Х.: Планета-прінт, 2016. – 332 с.
4. Червінський Л. С. Оптичні технології в тваринництві: шляхи, механізм дії, дозування оптичного випромінювання – К.: Наукова думка, 2003. – 230 с.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ТИРСИ

Середин М. Ю., e-mail: [seredinaems@gmail.com](mailto:seredinaems@gmail.com)

Компанія АТ «Укргазвидобування»

Лисиченко М. Л., д.т.н., проф., e-mail: [1prlysychenko@ukr.net](mailto:1prlysychenko@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Розвинуті країни світу розробили і прийняли до реалізації «Програму розробки та впровадження відновлювальних джерел енергії на період до 2030 року» в розрізі реалізації Міжнародного Кіотського протоколу 1997 року та його удосконаленої версії підписаної у м. Окінава у 2000 році. Для виробників енергії важливим є отримання максимального прибутку, і при цьому, не планується суттєвих витрат на охорону навколишнього середовища. Споживачі енергії, також сплачують меншу ціну, оскільки в неї не включені витрати на відшкодування шкідливого впливу на природу. Однак, для сучасного суспільства важливим є розвиток «екологічно чистих енергетичних технологій», які ґрунтуються на використанні відновлювальних джерел енергії, і тому, питання розвитку енергетики повинні розглядатись з єдиних соціально-економічних природоохоронних позицій [1]. Одним із найбільш поширених відновлювальних джерел енергії є біомаса, яка в класифікації енергоресурсів позначена, як «відновлювальні органічні енергоносії» і за оцінками Світової енергетичної рада і відповідного Комітету ООН, біомаса стане одним із найважливіших відновлювальних джерел енергії в ХХІ столітті, причому, як у технічно розвинутих, так і у тих що розвиваються. Надалі, за оцінками експертів, при правильній організації репродукції і збору біомаси поряд із удосконаленням технології її переробки частка «енергії біомаси» в загальному об'ємі енергоспоживання значно зросте [2]. Відомо, що енергетична цінність відходів деревини вологістю 50-60 %, складає 6-8 ГДж/т, а після висушування до вологості 10-20 % зростає майже у 2 рази (14-16 ГДж/т), при цьому, теплота згоряння при розрахунку на масу сухої сировини, в залежності від виду деревини складає від 2,2 кВт·год/кг при вологості 50 % до 5,5 кВт·год/кг після висушування [3].

**Мета досліджень.** Розробка ефективної системи керування швидкісним режимом видалення вологи з тирси в барабанній сушарці.

**Основні матеріали дослідження.** Для виготовлення пілетів частіше використовують відходи деревини, яку подрібнюють, а потім висушують в установках барабанного типу АВМ продуктивністю 0,65-1,5 т/год. Джерелом тепла частіше є рідке паливо а інколи газова суміш. До складу установки входять: живильник тирси, два транспортера, теплогенератор, нагнітаючий вентилятор, сушильний барабан, дробарка, шафа керування. Для забезпечення технологічного процесу сушки тирси з урахуванням її вологості використовуємо безступеневе регулювання швидкістю обертання барабана в діапазоні 2-10 об/хв за допомогою частотно-регульованого електропривода.

Побудова автоматизованої системи керування установкою виконана з використанням методів нечіткої логіки внаслідок невизначеності умов функціонування системи. Основним елементом розробленої функціональної схема керування частотно-регульованим електроприводом сушильного барабану є фазі-регулятор, а керуючий сигнал, задається відповідним значенням напруги –  $U_{зав}$  та контролюється сигналом зворотного зв'язку –  $U_{фр}$ . Крім того, на вхід фазі-регулятора подаються сигнали від трьох датчиків температури –  $t_m$  та потокового датчика вологості  $\varphi_d$ .

На першому етапі формується база правил для нечіткої системи, яка б за значенням вхідних сигналів температури –  $x_1(i)$  і вологості сировини  $x_2(i)$  дозволяла отримати вихідні сигнали  $d(i)$  пропорційні швидкості обертання барабана сушарки. Тобто, для цього необхідно отримати множини навчальних пар з бази даних у вигляді:

$$[X_1(i), X_2(i), d(i)], i=1,2,3 \dots n \quad (1)$$

Комп'ютерна модель електроприводу з фазі-регулятором створена за допомогою інструментів графічного інтерфейсу користувача *GUI* пакета програм *FuzzyLogicToolbox*, завдяки якій будують нечіткі системи різних типів.

На другому етапі, переходять до вибору вхідних і вихідних сигналів, які розділяються в табличній базі даних наступним чином:

$$X_1 = \min(x_1), x_i = \max(x_1); \quad (2)$$

$$X_2 = \min(x_2), x_i = \max(x_2); \quad (3)$$

$$D = \min(X_i), d_i = \max(d_i); \quad (4)$$

Кожен певний інтервал лінгвістичних змінних розділяється на  $(2N+1)$  областей, адалі в кожній області здійснюють уточнення параметрів. Потім, на основі візуального спостереження за графіками, формулюють наступні дев'ять правил та вводять до програми. В результаті подальшого аналізу нечіткі вхідні значення системи перетворюються на вихідні завдяки правил нечіткої логіки, які є характерними для експертних систем прийняття рішень.

**Висновок.** Проведене моделювання процесу керування частотно-регульованим електроприводом барабанної сушарки визначено діапазон вихідного сигналу в колі зворотного зв'язку фазі-регулятора для регулювання швидкості обертання барабана в межах 2-10 об/хв, а розроблена шафа керування і проведені випробування в реальному виробництві (рис. 1) підтвердили ефективність запропонованого технічного рішення



Рис. 1 – Устаткування для сушки тирси для виготовлення пілетів  
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривцов В. С. Альтернативная энергетика / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев – Х.: Нац. аэрокос. ун-т “ХАИ”, Севаст. нац. техн. ун-т, 2006. – 643 с.
2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії – К.: НТТУ «КП», 2012. – 492 с.
3. Энергоефективність та відновлювальні джерела енергії / Підзаг. Ред. А.К. Шидловського – К.: Укр. енципл. Знання, 2007. – 559 с.
4. Голодний І. М. Регульований електропривод / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, Л. С. Червінський, Д. А. Абдураманов, А. В. Торопов, О. В. Санченко – К.: ТОВ ЦП «Компринт», 2015. – 509 с.
5. Ghorai S. CFD modeling of flow profiles and interfacial phenomenon in two-phase flow in pipes / S. Ghorai, K.D.P. Nigam // Chemical Engineering and Processing Journal – 45 (1). –2006. – P.55-65.
6. Lu G., Wang J., Jia Z. Experimental and numerical investigations on horizontal oilgasflow / Journal of Hydrodynamics – 19 (6). – 2007. – P.683-689.

## ВПЛИВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОЧИХ МАШИН

Синявський О. Ю., к.т.н., доц., e-mail: sinyavsky2008@ukr.net

Савченко В. В., к.т.н., доц., e-mail: vit1986@ua.fm

Лас П. І., магістрант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Найбільший вплив на електроприводи виробничих машин і механізмів мають відхилення та несиметрія напруги. У ході обробки даних понад 170 експериментів встановлено, що показниками якості електроенергії, які найбільш часто виходять за встановлені межі, є відхилення напруги (68 %) та коефіцієнт несиметрії за нульовою послідовністю (38 %) [1].

Несиметрія напруги призводить до збитків, які мають електромагнітну і технологічну складову. Електромагнітна складова визначається втратою активної потужності і зміною терміну служби ізоляції електрообладнання. Технологічна складова збитків обумовлена впливом несиметрії напруги на продуктивність технологічних установок та собівартість продукції, що випускається [2].

Внаслідок несиметрії напруги змінюються енергетичні характеристик робочих машин [3].

**Мета дослідження** – встановлення впливу несиметрії напруги на енергетичні характеристики робочих машин.

**Основні матеріали дослідження.** При експериментальних дослідженнях із впливу несиметрії напруги на механічну характеристику асинхронного електродвигуна знімали залежності частоти обертання двигуна від електромагнітного моменту при вмиканні в одну із фаз статора реостата. Залежності частоти обертання двигуна від моменту досліджували при різних значеннях опору реостата в фазі статора.

Проведені експериментальні дослідження показали, що при несиметрії напруги змінюється жорсткість механічної характеристики електродвигуна, яка у відносних одиницях має вигляд:

$$\beta_{\partial a^*} = \frac{\beta_{\partial a}}{\beta_{\partial}}, \quad (1)$$

де  $\beta_{\partial}$  – жорсткість механічної характеристики електродвигуна при номінальній симетричній напрузі, Н·м·с.

Зменшення жорсткості механічної характеристики двигуна призводить до зростання ковзання і змінних втрат потужності в електродвигуні.

Змінні втрати потужності при несиметрії напруги можна записати у вигляді:

для машин з вентиляторною механічною характеристикою (показник степеня в рівнянні механічної характеристики  $x=2$ )

$$\Delta P_v = \Delta P_{vh} \omega_*^4 / \beta_{\partial a^*}; \quad (2)$$

для машин з моментом статичних опорів не залежним від кутової швидкості ( $x=0$ ):

$$\Delta P_v = \Delta P_{vh} / \beta_{\partial a^*}; \quad (3)$$

для машин з гіперболічною механічною характеристикою ( $x=-1$ )

$$\Delta P_v = \Delta P_{vh} / \beta_{\partial a^*} \omega_*, \quad (4)$$

де  $\Delta P_{vh}$  – змінні втрати потужності при номінальній симетричній напрузі, Вт;  $\omega_* = \omega / \omega_n$  – кутова швидкість робочої машини у відносних одиницях..

Енергетичну ефективність робочих машин доцільно визначати за питомою витратою електроенергії кВт·год/м<sup>3</sup>, яка визначається за формулою:

$$q = P_l / Q, \quad (5)$$

де  $P_1$  – потужність, споживана двигуном з мережі, кВт.

У відносних одиницях вираз (6) запишеться у вигляді:

$$q_* = \frac{P_2 + \Delta P_c + \Delta P_v}{P_{2н} + \Delta P_{сн} + \Delta P_{вн}} \cdot \frac{Q_n}{Q} = \frac{P_2 + \Delta P_{вн} (\alpha + \Delta P_v / \Delta P_{вн})}{P_{2н} + \Delta P_{вн} (\alpha + 1)} \cdot \frac{Q_n}{Q}, \quad (6)$$

де  $P_{2н}$  і  $P_2$  – відповідно потужність на валу двигуна при номінальній симетричній напрузі і несиметрії напруги, Вт;  $\Delta P_{сн}$  і  $\Delta P_c$  – постійні втрати, Вт;  $\Delta P_{вн}$  і  $\Delta P_v$  – змінні втрати, Вт;  $\alpha$  – коефіцієнт втрат.

У машин з вентиляторною механічною характеристикою продуктивність прямо пропорційна кутовій швидкості [4]

$$Q = Q_n \omega_*, \quad (7)$$

а потужність пропорційна кубу кутової швидкості:

$$P_2 = P_{2н} \omega_*^3. \quad (8)$$

У машин з моментом статичних опорів не залежним від кутової швидкості продуктивність і потужність прямо пропорційні кутовій швидкості

$$P_2 = P_{2н} \omega_*. \quad (9)$$

У машин з гіперболічною механічною характеристикою продуктивність можна наближено вважати прямо пропорційною квадрату кутової швидкості

$$Q = Q_n \omega_*^2, \quad (10)$$

а потужність залишається незмінною.

Тоді питома витрата електроенергії для машин з вентиляторною механічною характеристикою ( $x=2$ ) буде визначатися за формулою:

$$q_* = \eta_n Q_*^2 + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + Q_*^4 / \beta_{\alpha a^*})}{Q_*}, \quad (11)$$

де  $\eta_n$  – номінальний ККД електродвигуна;

для машин з моментом статичних опорів не залежним від кутової швидкості ( $x=0$ ):

$$q_* = \eta_n + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + 1 / \beta_{\alpha a^*})}{Q_*}; \quad (12)$$

для машин з гіперболічною механічною характеристикою ( $x=-1$ )

$$q_* = \frac{\eta_n}{Q_*} + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + 1 / \beta_{\alpha a^*} \sqrt{Q_*})}{Q_*}. \quad (13)$$

Із залежностей (11) - (13) випливає, що несиметрія напруги викликає зростання питомої витрати електроенергії в робочих машинах.

**Висновки.** При несиметрії напруги зменшується жорсткість механічної характеристики електродвигуна. При цьому зростає ковзання та втрати потужності. Внаслідок цього зростають питомі витрати електроенергії в робочих машинах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дед А. В., Сикорский С. П., Смирнов П. С. Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций. Омский научный вестник. 2018. №2 (158). С. 60 – 63.
2. Аванесов В. М., Садков Е. В. Анализ структуры потерь электрической энергии в электроустановках при отклонении напряжения от оптимального значения. Энергобезопасность в документах и фактах. 2005. №4. С. 19–21.
3. Pakkawe Nayanamin, Chaiyapon Thongchaisuratkrul. Effects of Induction Motor Using Unbalance Voltage. International Journal of the Computer, the Internet and Management. 2018. Vol. 26. No. 3. P. 98-103.
4. Синявський О. Ю., Савченко В. В., Козирський В. В. та ін. Електропривод і автоматизація. К.: ФОП Ямчинський О. В., 2019. 619 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІШУЮЧОГО ПРИСТРОЮ  
БІОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

Сподоба М. О., аспірант, e-mail: [spmisha@ukr.net](mailto:spmisha@ukr.net)

Заблодський М. М., д.т.н., проф., e-mail: [zablodskiynn@gmail.com](mailto:zablodskiynn@gmail.com)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** У формуванні сучасної енергетичної системи важливу роль відіграють біогазові технології, рентабельність яких, безпосередньо залежить від енергоефективності процесів інтенсифікації анаеробного зброджування. Процес анаеробного зброджування відходів є довготривалим, тому одним з основних методів інтенсифікації біогазового виробництва є їх перемішування. Основне завдання перемішування полягає у створенні однорідної речовини з однаковою температурою, кислотністю та іншими фізико-хімічними складовими у будь-якій точці об'єму.

Відома значна кількість способів перемішування, серед яких: пневматичне, гідравлічне [1], за допомогою заглибних електричних двигунів [2] та електромеханічних перетворювачів [3]. Однак з точки зору енергозбереження та проведеного аналізу впливу способу перемішування на якість та кількість утворення біогазу (табл. 1), найбільш перспективним обладнанням для інтенсифікації процесу зброджування органічних відходів є біогазові реактори із механічними мішалками [1, 4]. Про це свідчить велика кількість досліджень впливу механічних мішалок на речовину, що знаходиться у замкнених резервуарах, векторів розповсюдження потоків, енергетичних характеристик перемішуючого пристрою під час перемішування, процеси інтенсифікації масообміну та теплообміну у резервуарах, а також кількість утворення біогазу та метану.

Таблиця 1 - Утворення біогазу при різних способах перемішування

Спосіб перемішування	Утворення біогазу (л/л/добу)	Утворення метану з сухої речовини (л/г)
Відсутнє перемішування	0,92	0,19
Пневматичне	1,07	0,21
Механічне	1,14	0,23

Незважаючи на відомі результати досліджень, питання визначення енергоефективного типу перемішуючого пристрою з метою підвищення енергетичної ефективності процесу утворення біогазу є не повністю вирішеним та наразі, залишається актуальним.

**Мета дослідження.** Визначення енергоефективного типу перемішуючого пристрою з метою підвищення енергетичної ефективності процесу утворення біогазу.

**Основні матеріали дослідження.** Згідно з метою дослідження, проведено порівняльний аналіз енергетичних витрат для тихохідних механічних мішалок при наступних початкових умовах. Завантажена у біогазовий реактор рідинна органічна біомаса має такі параметри: густина, в'язкість  $\mu = 0.048 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Біогазовий реактор циліндричної форми з наступними геометричними параметрами: об'єм  $V_{\text{реак}} = 5 \text{ м}^3$ , висота субстрату у реакторі  $H = 2 \text{ м}$ , діаметр реактора  $D = 1.8 \text{ м}$ . Висота від дна реактора до нижньої частини лопаті механічної мішалки  $s = 0.3 \text{ м}$ ; діаметр мішалки  $d_m = 1.5 \text{ м}$ ; висота лопатей  $h = 0.2 \text{ м}$ . Потужність електродвигуна ( $N_{\text{об}}$ ) вибирається за робочою потужністю мішалки ( $N_p$ ), при врахуванні коефіцієнту корисної дії передачі ( $\eta_n$ ) та коефіцієнту запасу потужності ( $k = 1.2 \dots 1.5$ ):

$$N_{\text{дв}} = k \frac{N_p}{\eta_n}; \quad (1)$$

$$N_p = Eu'_m \cdot n^3 \cdot d_m^5 \cdot \rho, \quad (2)$$

де  $Eu'_m$  – критерій Ейлера.

У [5] наведено експериментальні дані залежності критерію Ейлера від критерію Рейнольдса у вигляді кривих  $Eu'_m = f(Re_m)$ , або у вигляді констант  $A$  та  $m$  для різноманітних конструкцій механічних мішалок. У випадку відхилень геометричних співвідношень від параметрів модельної мішалки критерій Ейлера повинен включати поправочні коефіцієнти  $f_i$ . Результати проведеного порівняльного аналізу представлено у вигляді діаграми (рис. 1).



Рис.1 – Витрата потужності для електропривода механічної мішалки:

1 – шестилопатева, лопаті під кутом  $90^0$ ; 2 – якірна та рамна; 3 – лопатева двоярусна, по дві лопаті на ярус під кутом  $90^0$

Результати розрахунку критерію Ейлера для механічних мішалок різної конструкції при однаковому об'ємі резервуару, режиму руху і рівні речовини у резервуарі є різними, а форма механічної мішалки має суттєвий вплив на зміну картини потоків речовини у замкненому резервуарі.

**Висновки.** Встановлено, що двоярусна лопатева мішалка, яка містить дві лопаті на ярус, встановлених під кутом  $90^0$ , витрачає найменшу кількість енергії на перемішування біомаси у досліджуваному біогазовому реакторі.

Вважається доцільним провести подальші дослідження двоярусної лопатевої мішалки для різних кутів нахилу лопаток, топології векторів потоків субстрату, що дозволить максимально підвищити рентабельність біогазових установок.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ратушняк Г. С., Анохіна К. В., Джеджула В. В. Дослідження параметрів процесу перемішування органічної маси в біогазовій установці з вертикальним пропелерним перемішувачем. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с.

2. Marks S., Dach J., Fernandez Morales F. J., Mazurkiewicz J., Pochwatka P., Gierz Ł. New Trends in Substrates and Biogas Systems in Poland. Journal of Ecological Engineering, 2020. №21(4), pp.19-25. DOI: /10.12911/22998993/119528.

3. Сподоба М. О., Заблодський М. М., Радько І. П. Основні складові методології побудови заглибного електромеханічного перетворювача для біогазових комплексів//V Міжнародна науково-практична конференція присвячена пам'яті професора Віктора Михайловича Синькова «Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК», – Київ: НУБіП, 2019.

4. Luo H., Al-Dahhan M. H. Macro-Mix in gina draft tube airlift bioreactor. Chem. Eng. Sci. 2008. №63(6), pp. 1572-1585.

5. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник — 2-е видання, доп. та випр. – Харків: Світ Книг, 2014. – 495 с.

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Цибух А. В., к.т.н., ст. викл., e-mail: [tsandrii@gmail.com](mailto:tsandrii@gmail.com)

Сорокін М. С., к.т.н., доц., e-mail: [sorokin.ekt@btu.kharkiv.ua](mailto:sorokin.ekt@btu.kharkiv.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Тисячі електроприводів і приладів керування і захисту використовуються для автоматизації складних технологічних процесів, наприклад, виробничих ліній, цехи для транспортування і зберігання). Причому, якщо розглядати весь виробничий процес від вхідної сировини до готового продукту, то очевидно, що для окремих етапів переробки повинні бути створені окремі ієрархії управління. Тобто, порядок підлеглості систем, підсистем, компонентів, елементів у межах конкретної автоматизованої системи (ДСТУ 2226-93). Ієрархія керування в розгалужених технологічних структурах обумовлює те, що системи управління більш високого рівня забезпечують керування загальним процесом із залученням обслуговуючого персоналу і переносять свої рішення і значення до підпорядкованих систем автоматизації, які в свою чергу мають контроль над окремими елементами управління технологічними процесами.

**Метою досліджень.** Визначення переваг і недоліків децентралізації автоматизованих процесів виробництва, які використовують електроприводи робочих машин і механізмів.

**Основні матеріали досліджень.** На рис. 1 показані відмінності централізованої і децентралізованої автоматизації на прикладі виробництва з декількома електродвигунами. При централізованій системі автоматизації всі інформаційні та силові електронні компоненти розміщуються в одній шафі керування. Принцип роботи програмованого логічного контролера (ПЛК), автономно або за інструкціями від системи управління – можна не брати до уваги.

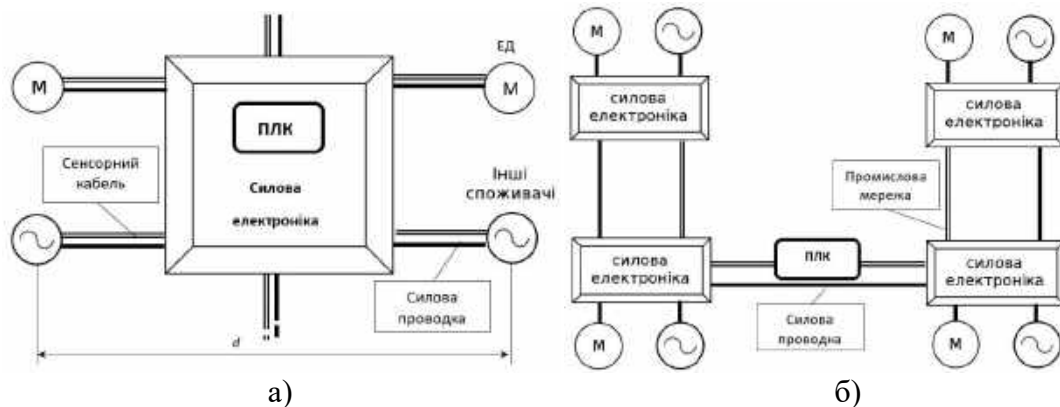


Рис. 1– Децентралізоване управління системами електроприводу:  
 а)– централізовано-інтегроване управління; б)– децентралізоване управління

При відповідній відстані комунікацій  $d$  у виробничому цеху виникає необхідність в силових і сенсорних кабелях, довжина кожного з яких визначатиметься як:

$$Z = dx2^{-1/2} \tag{1}$$

Якщо, наприклад, кількість споживачів відповідно рис. 1а дорівнює дванадцяти ( $x = 12$ ), а відстань  $d = 10$  м, то в цьому випадку потрібно близько 85 м електропроводки і відповідно сенсорних кабелів. Величезну кількість матеріалу можна значно скоротити за допомогою децентралізованого керування процесами. Згідно з рис. 1б, між окремими енергетичними вузлами прокладена кільцеподібна енергетична та інформаційна лінія. Така конфігурація заснована на відповідній довжині кабелю  $D = 3d$ , так як керування відбувається



безпосередньо біля споживача через штатну силову проводку, яка включає, наприклад, витратоміри, датчики тиску, датчики рівня, регулюючі клапани, датчики температури ін. При цьому, зайвою стає окрема шафа керування, так як вузли силових агрегатів можуть розміщуватися, або в клемній коробці електродвигунів, або у з'єднувальних штекерах. Сенсорні кабелі децентралізованих систем поступилися місцем так званій системі *Fieldbus* (промислова мережа), до якої підключені всі вузли. За допомогою відповідних протоколів спочатку вибирається потрібний вузол, а потім передається повідомлення від ПЛК до виконавчих механізмів або у випадку дво-направлених шин, передаються назад від вузла до ПЛК. Сучасні технології автоматизації пропонують ряд систем *Fieldbus* (*Interbus*, *LonWorks*, *Profibus* ін.), крім того, інтелектуальні інтерфейсні модулі можуть замінити застарілі системи. Якщо співвіднести економію електропроводки і кабелю між децентралізованим управлінням технологічним процесом  $D$  і централізованим управлінням процесами  $Z$ , то отримаємо гіперболічну залежність потенціалу економії  $\varepsilon$  від кількості споживачів електроенергії, як:

$$\varepsilon = \frac{Z-D}{D} = 1 - \frac{6}{\sqrt{2}x} \quad (2)$$

Виходячи з виразу(2), вартість електропроводки при децентралізованому управлінні з 12 споживачами становить 35% від централізованого, що відповідає 65% економії матеріалу. Тобто, чим більше число споживачів у конкретному випадку автоматизації, тим більшою буде економія. Так, при 100 споживачах вартість матеріалів знижується до 4% в порівнянні з централізованим методом. Однак, при 4 споживачах економія стає негативною, отже, збитковою, тобто централізоване управління тут було би кращим. Децентралізоване управління можна вигідно використовувати не тільки в промисловій автоматизації але і в багатьох інших сферах, таких як сільське господарство і автомобілебудування.

При розгляді і оцінці будь якого процесу, з точки зору ефективності перетворення енергії, відповідно міжнародної системи СІ встановимо зв'язок між електричною енергією, механічною енергією і тепловою енергією, як:

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm} = 1 \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ J} \quad (3)$$

Вказане рівняння (3) значно спрощує створення загального енергетичного балансу для електротехнічних систем. Тобто, якщо стаціонарні умови експлуатації обрані з енергетичних міркувань, то енерговитрати на виконану роботу ( $Bm$ ) можна розрахувати безпосередньо по рівню спожитої потужності  $P$ :

$$W = \int p dt = P \cdot t \quad (4)$$

**Висновок.** Робота і енергія є двома рівнозначними поняттями, які безпосередньо залежать від енергоспоживання і тривалості роботи  $t$ . Тому, завдання децентралізованого управління полягає у тому, щоб якомога швидше виконати завдання автоматизації з мінімальною потужністю, так щоб споживання енергії установкою залишалось низьким. Результатом децентралізації є удосконалення управління автоматизованими процесами, підвищення продуктивності та безпеки на більш низькому рівні процесу виробництва, крім того, це також призводить до значної економії енергії та матеріалів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 01-07-1994]. ПММС НАНУ, 1993. 1 с. (Інформація та документація).
2. Richard Crowder. Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control / Richard Crowder. – Newnes, Published Date: 2006. –312 p.
3. Лаврінченко Ю. М. Електропривод : підруч. / Ю. М. Лаврінченко, О. С. Марченко, П. І. Савченко. – К. : «Ліра-К», 2009. – 504 с.

## ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ БАРАБАННИХ СУШАРОК ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСНИМ РЕЖИМОМ

Хандола Ю. М., к.т.н., доц., e-mail: [xandola@ukr.net](mailto:xandola@ukr.net)

Гузенко В. В., к.т.н., ст.викл., e-mail: [hnaghv@btu.kharkov.ua](mailto:hnaghv@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Система сушіння зерна за допомогою нагрітого повітря була розроблена досить давно і залишається актуальним варіантом у сьогоденні [1]. Станом на 2021 рік у сільському господарстві найбільшою популярністю користуються барабанні сушарки.

Барабанні сушарки набули широкого поширення для сушіння сипучих відходів виробництв: бурякового жому, зерно-картопляної барди спиртових заводів, кукурудзяних паростків і мезги на крохмале-патокових заводах. Вони застосовуються також для сушіння зерна та цукру-піску. Барабанні сушарки є атмосферними сушарками. Як сушильний агент в них використовується повітря або топкові газу. Майже у всіх сушарках процес відбувається ідентично: один цикл складається з чотирифазного процесу: завантаження (верхнє/нижнє), сушка, охолодження і вивантаження.

Для сушки насіння в масложировій промисловості застосовують барабанні сушарки з диференційованими режимами сушки, залежно від вологості насіння. Для правильного ведення технологічного процесу застосовується безступінчасте регулювання швидкості барабана в межах від 2 до 10 об/хв, що встановлюється оператором лінії сушіння вручну за допомогою варіатора. Так, при цьому вибирається раціональний режим сушіння будь-якого роду сировини покладаючись тільки на кваліфікацію та досвід оператора. Тому якість отриманого матеріалу напряму залежить від людського фактору.

**Мета досліджень.** Розробка системи керування швидкісним режимом сушіння технологічного комплексу передбачає адаптивне керування технологічним процесом з метою компенсації збурюючих впливів (теплових втрат), стохастичного характеру зміни величини вхідних параметрів сировини та підвищення продуктивності комплексу.

**Основні матеріали досліджень.** Особливість сушіння насіння соняшнику в барабанних сушарках полягає в тому, що чим вища вологість насіння, тим вища температура нагрівання. Недолік — часткове самообвалення насіння [1]. Тому барабанні сушарки переобладнують так, щоб насіння в них перебувало протягом 14 хв (удвічі менше), температура теплоносія на вході становила 250 – 350 °С, на виході 50 - 80 °С, а температура нагрівання насіння не перевищувала 50 °С [2].

В барабанних сушарках можна регулювати також тривалість перебування насіння в сушарці, змінюючи частоту обертів барабана. Виходячи із цього запропоновано систему регулювання процесом сушіння, що забезпечить стабілізацію вологості. Вхідними параметрами системи є температура теплоносія і вологість ( $t_T$ ). Оптимальні режимні параметри сушіння нагрітим газом повинні бути вибрані з врахуванням технологічних змін матеріалу в процесі сушіння. Керування здійснюється шляхом зміни швидкості обертання ( $n_0$ ) сушильного барабана. В залежності від основних технологічних вимог виконується визначення режиму сушіння. Безумовно, оптимальний режим сушіння даного матеріалу визначається шляхом ретельних та глибоких досліджень по переносу тепла та вологи всередині матеріалу, що висушується, з використанням громіздких систем рівнянь з великою кількістю змінних. Тому прийняття рішень класичною системою керування здійснюється в умовах апріорної невизначеності, обумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою зовнішніх впливів, відсутністю адекватної математичної моделі функціонування, нечіткістю мети, людським фактором та ін. [3]. Невизначеність системи призводить до зростання ризиків від прийняття неефективних рішень, результатом чого можуть бути негативні економічні та технічні наслідки.

Для ефективного дослідження при невизначеності умов функціонування системи застосовують методи на основі правил нечіткої логіки. Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої логіки, які використовуються у різноманітних системах керування, зокрема у керуванні барабанною сушаркою.

Використовуючи проаналізовані експертні знання, отримані на діючих лініях приготування сухої якісної продукції, складемо функціональну схему керування частотно-регульованим електроприводом сушильного барабана показано на рис. 1.

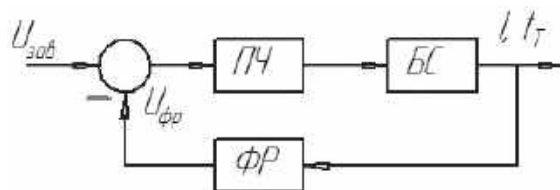


Рис. 1 – Функціональна схема керування частотно-регульованим електроприводом сушильного барабана

Отримання насіння технологічної вологості здійснюється за допомогою барабанної сушарки БС з частотно-регульованим електроприводом ПЧ, керованого сигналом завдання  $U_{зав}$  та сигналом зворотного зв'язку  $U_{фр}$ , який уявляє собою вихідний сигнал фаззі-регулятора ФР. Входом фаззі-регулятора є сигнали від датчика температури та потокового датчика вологості типу "КДК-моно".

Під час дослідження на початковому етапі була сформована база правил для нечіткої системи. Ця задача зводиться до складання таких нечітких правил, які дозволяли б за значеннями вхідних сигналів температури  $x_1(i)$  і вологості сировини  $x_2(i)$  отримати вихідні сигнали  $d(i)$  пропорційні швидкості обертання барабана сушки.

Комп'ютерну модель електроприводу з ФР створили за допомогою інструментів графічного інтерфейсу користувача (GUI) пакета "Fuzzy Logic Toolbox". Зазначимо, що за допомогою пакета "Fuzzy Logic Toolbox" можна будувати нечіткі системи різних типів.

Після визначення індивідуальних вихідних правил здійснюється дефазифікація агрегованого виходу. В загальному етапі дефазифікація є необов'язковим і використовується за необхідності перетворення виведених нечітких лінгвістичних змінних до точного значення. Для дефазифікації результатів роботи фаззі-регулятора частотно-регульованим електроприводом сушильного барабана скористаємось інструментарієм пакету Matlab /Fuzzy Logic Toolbox. В результаті моделювання отримали поділ просторів вхідних змінних на області і відповідні їм функції приналежності.

**Висновок.** В результаті моделювання для системи керування частотно-регульованим електроприводом сушильного барабана отримане чітке вихідне значення сигналу, що використовується у контурі зворотного зв'язку частотного перетворювача для вироблення керуючих дій.

Система регулювання має забезпечувати плавність переходу від однієї швидкості обертання сушильного барабана до іншої в межах 2...10 об/хв. при високій стабільності вологості вихідної сировини.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: Учеб. для студ. вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – М.: Академия, 2005. – 304 с.
2. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производных механизмов / М. П. Белов, В.А. Новиков, - 3-е изд., вып. - М.: Издательский центр Академия, 2007. – 576 с.
3. Усынин Ю. С. Системы управления электроприводов / Ю. С. Усынин.: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 328 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗМІШУВАЧІВ КОРМІВ

Хандола Ю. М., к.т.н., доц., e-mail: [xandola@ukr.net](mailto:xandola@ukr.net)  
Сотнік О. В., к.т.н., доц., e-mail: [sotnikolga11@gmail.com](mailto:sotnikolga11@gmail.com)  
Литвиненко В. М., магістр, e-mail: [vitaliylytw@gmail.com](mailto:vitaliylytw@gmail.com)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Порційні змішувачі кормів зазвичай розробляють на основі типових проектів, однак, з розвитком електротехнічної промисловості і розширенням поставок закордонних зразків обладнання, а також розширення умов його застосування, «прив'язка» типових рішень до реального виробництва, має ряд недоліків. Зокрема, такий підхід виключає детальне визначення умов експлуатації конкретних установок і не гарантує досягнення високих показників надійності та якісного виробництва продукції. Також, при розрахунку електроприводу слід передбачати нерівномірне навантаження і можливу зупинку робочих органів машини з повністю заповненою ємністю (бункером), наприклад, при спрацюванні апарата захисту або раптовому зникненню напруги живлення [1].

**Метою досліджень** є удосконалення методики комплектування електроприводів порційних змішувачів кормів, для підвищити їх показників надійності в конкретних умовах експлуатації.

**Основні матеріали досліджень.** Суть методики полягає в тому, що вихідний типовий варіант послідовно пристосовується до умов експлуатації по кожному елементу структурної схеми електропривода. В результаті, вдається отримати варіант, який при заданому рівні розвитку електротехнічних виробів (комутаційно-захисна апаратура, асинхронний двигуни (АД)) гарантує найвищу ефективність роботи електроприводу у конкретній робочій машині.

Взагалі, ефективність електроприводів визначається по формулі (1) де розраховують величину річних витрат. Рівняння можна розглядати, як загальну цільову функцію при оптимізації показників надійності:

$$Z = Z_B(\lambda t_g) + Z_H(\lambda t_g) \quad (1)$$

де  $Z_B$  – витрати на забезпечення надійності, грн;  $Z_H$  – збитки, які залежать від досягнутих показників надійності, грн;  $\lambda$  – інтенсивність відмов,  $1/\text{рік}$ ;  $t_g$  – тривалість відновлення працездатності електропривода, год. [1].

Зупинка або відмова електроприводу – це подія, яка пов'язана з порушенням (перервою) електропостачання робочої машини і її простою на період, більше ніж допустима тривалість простою –  $t_{don}$ . Якщо енергопостачання буде відновлено за менший час  $t_3 < t_{don}$  відмова будь-якого елемента не буде вважатися відмовою електроприводу, тому, що збиток від відмови буде незначний. Зі зменшенням  $\lambda$  і  $t_g$  знижуються річні збитки від простою робочої машини але, при цьому збільшуються одноразові витрати на електропривод. Отже, обґрунтування показників надійності є оптимізаційним завданням, а його рішення може дати позитивні результати, коли будуть створені умови для реалізації оптимальних варіантів комплектування електроприводу. Для досягнення сформульованої мети прийнято відомий підхід [2], який розділив всі заходи по підвищенню надійності на 2 групи: заходи, що забезпечують зниження відмов електрообладнання і заходи, які скорочують час простою. Основне завдання досягти ПН з найменшими витратами, тобто розробити методи вибору найефективніших елементів для комплектування електроприводу при заданій системі технічного обслуговування і поточного ремонту в умовах дефіциту резервних елементів і запасних частин. Зниження кількості відмов може бути досягнуто за рахунок:

- 1.1 – зниження аварійних випадків пов'язаних з робочою машиною, джерелом електропостачання або обслуговуючим персоналом;
- 1.2 – зниження відмов елементів електроприводу за рахунок застосування сучасних пристроїв захисту АД в аварійних ситуаціях;

- 1.3 – узгодження варіантів виконання АД з умовами навколишнього середовища;
- 1.4 – вибору раціонального запасу потужності АД;
- 1.5 – ефективного проведення технічних обслуговувань і поточних ремонтів АД.

Скорочення тривалості простою може бути досягнуто за рахунок:

- 2.1 – підтримання необхідного запасу резервного електрообладнання;
- 2.2 – оперативної заміни електрообладнання, яке вийшло з робочого стану або оперативного усунення пошкодження;
- 2.3 – застосування пристроїв захисту від аварійних ситуацій[2].

Розглянемо варіант, коли приймаємо спосіб 1.2, а також поєднання способів 1.2, 1.3, 1.4. З другої групи приймаємо спосіб 2.3. При цьому, вважаємо що заходи по способу 1.1 відповідають умовам експлуатації, 1.5 і 2.2 – відповідають положенням системи технічного обслуговування і поточного ремонту на сільськогосподарських підприємствах, а для реалізації способу 2.1 немає достатніх ресурсів. Перераховані обставини дозволяють зробити припущення про необхідність вибору таких значень показників надійності, при яких гарантується безвідмовна експлуатація робочої машини в період використання  $P_{pm}(t) \rightarrow 1$ . Оскільки ми прийняли реально існуюче обмеження щодо неможливості застосування способу 2.1, то інтенсивність відмови робочої машини за час роботи з вини електроприводу повинна бути  $\lambda_{pm}(t) \rightarrow 0$ . Це означає, що при всіх аварійних ситуаціях АД не відмовить, а відключиться пристроєм захисту. Час на відновлення роботи повинен бути менше допустимого часу простою, що і гарантує  $\lambda_{pm}(t) \rightarrow 0$  при  $\lambda_d = \lambda_i$ .

Діючі ПУЕ регламентують наступну типову структуру електропривода: комутаційно-захисна апаратура - АД - передавальний механізм. Допускається застосування пристроїв захисту від перевантажень у вигляді теплових реле там, де за умовами технології можливі перевантаження робочої машини. Тобто, типовий варіант комплектування електроприводу змішувача кормів пристосований для безвідмовної роботи при одній аварійній ситуації – перевантаження. В інших аварійних випадках – двигун втратить працездатність.

Аналіз умов експлуатації двигунів в сільськогосподарському виробництві показав, що інтенсивність відмов при аварійних ситуаціях, наступний: зволоження ізоляції –  $\lambda_z = 0,06$   $1/pik$ ; неповнофазний режим –  $\lambda_n = 0,041/pik$ ; технологічні перевантаження –  $\lambda_n = 0,061/pik$ ; загальмування (заклинювання) ротора –  $\lambda_T = 0,041/pik$ ; інші –  $\lambda_i = 0,051/pik$ . Сумарна імовірність відмов  $\Sigma \lambda = 0,251/pik$ , а розмір технологічного збитку в частках від вартості капітального ремонту відмов електродвигуна  $y = 0,51/pik$ [1]. При типовому комплектуванні електроприводів інтенсивність відмов становить  $0,25$   $1/pik$ , але коли застосовується захист від технологічних перевантажень, інтенсивність аварійних ситуацій зменшується до  $0,2$   $1/pik$ . При правильному виборі виконання АД кількість відмов знизиться до  $0,18-0,23$   $1/pik$ , а термін служби до першого капітального ремонту зросте до  $4,3-5,5$  років, що в  $2,0-2,5$  рази нижче нормативного значення[1]. Запас потужності, дозволяє уникнути відмови АД при ряді дестабілізуючих впливів, наприклад, перевантаження не призводить до аварійного перегріву, знижена напруга не викликає зупинку при пуску, а якщо АД знаходиться в роботі, то обрив фази не викликає зупинку (перекидання) АД при завантаженні менше  $60-70\%$ .

**Висновок.** Для забезпечення нормативних показників надійності електроприводів необхідно захищати АД від всіх аварійних ситуацій додатковими пристроями захисту на додаток до типового захисту від технологічних перевантажень, а оптимальний запас потужності АД за економічним критерієм не тільки знижує сумарні витрати але і дозволяє на  $20-30\%$  знизити інтенсивність відмов електроприводів змішувачів кормів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лозинський О. Ю. Розрахунок надійності електроприводів: Підручник / О. Ю. Лозинський, Я. Ю. Марущак, П. П. Костробій – Львів: вид-во ДУ «Львівська політехніка», 1996. – 234 с.
2. Лут М. Т. Діагностування енергетичного обладнання / М. Т. Лут, О. В. Окушко, П. М. Ковтун – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 178 с.

## ОДНОФАЗНИЙ КОМПЕНСОВАНИЙ АСИНХРОННИЙ ДВИГУН

Чуєнко Р. М., к.т.н., доц., e-mail: [chuenko@nubip.edu.ua](mailto:chuenko@nubip.edu.ua)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Відомий трифазний асинхронний електродвигун [1, 2], принцип дії якого заснований на використанні обертового магнітного поля  $m$ -фазної (коли  $m \geq 2$ ) системи струмів, є конструктивно простим, дешевим та надійним. Тому він широко використовується на практиці. Проте умови створення обертового магнітного поля він має недоліки, головним із яких є споживання двигуном із мережі живлення двох видів електричних потужностей – активної, яка перетворюється у механічну, із передачею на вал ротора для привода робочого механізму, що призводить до неминучих теплових втрат (нагрівання струмом обмоток, магнітні втрати в сталі, механічні, додаткові), а також реактивної для створення обертового магнітного поля. При цьому реактивна потужність не перетворюється в інші види енергії, а лише створює умови для електромеханічного перетворення активної енергії в магнітному полі. Непродуктивний реактивний струм збільшує загальний струм машини та мережі живлення, збільшуючи втрати в них. Внаслідок цього зменшуються коефіцієнт корисної дії двигуна та його коефіцієнт потужності. Ще більш вагомими недоліками мають однофазні двигуни, які за однофазного змінного струму створюють пульсуюче магнітне поле за нульового пускового моменту. Коефіцієнт корисної дії та коефіцієнт потужності однофазного двигуна є ще нижчими, ніж у трифазного. Для усунення або хоча б послаблення цих недоліків асинхронного двигуна запропоновано використовувати спосіб внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності.

**Метою досліджень** є розробка засобів для покращання енергетичних показників однофазного конденсаторного асинхронного двигуна шляхом перетворення його на двофазний із використанням фазозсувального елемента у вигляді конденсатора електричної ємності.

**Основні матеріали досліджень.** Загальнообмотка статора однофазного компенсованого асинхронного двигуна складається із двох окремих обмоток, які вмикаються за схемою поворотного АТ на електричну ємність  $C_A$  (рис. 1). При цьому відбувається подвоєння кількості фаз однофазного конденсаторного двигуна, чим забезпечується створення обертового магнітного поля та пускового моменту з його збільшенням від нуля до деякої величини  $M'_n$ .

Рівняння електричної рівноваги для фази ОКД за схемою рис. 1, б за другим законом Кірхгофа, мають вигляд

$$\begin{aligned} \dot{U} &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 z_1; \\ \dot{U} &= \dot{U}_\Delta + \dot{U}_{C_A} = -\dot{E}_\Delta + \dot{I}_\Delta Z_\Delta - jx_{C_A} \dot{I}_\Delta; \\ 0 &= -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 z_2, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = -jx_m \dot{I}_0$ , В – основна ЕРС обмоток  $w_1$  статора та  $w_2$  ротора;  $\dot{E}_\Delta = j\dot{E}_1$ , В – ЕРС додаткової обмотки  $\Delta w$ ;  $z_1 = z_\Delta = r_1 + jx_1 = r_\Delta + jx_\Delta$ , Ом – власні опори однакових обмоток  $w_1$  та  $\Delta w$ ;  $r_1 = r_\Delta$ , Ом – їх активні опори;  $x_1 = x_\Delta$ , Ом – реактивні опори розсіяння;  $z_2 = r_2/s + jx_2$ , Ом – опір вторинної обмотки (ротора);  $x_m$ , Ом – опір кола намагнічування двигуна, який вважається сталим за [3] і визначається за кривою намагнічування з урахуванням її нелінійності [4, 5];  $s$  – ковзання двигуна.

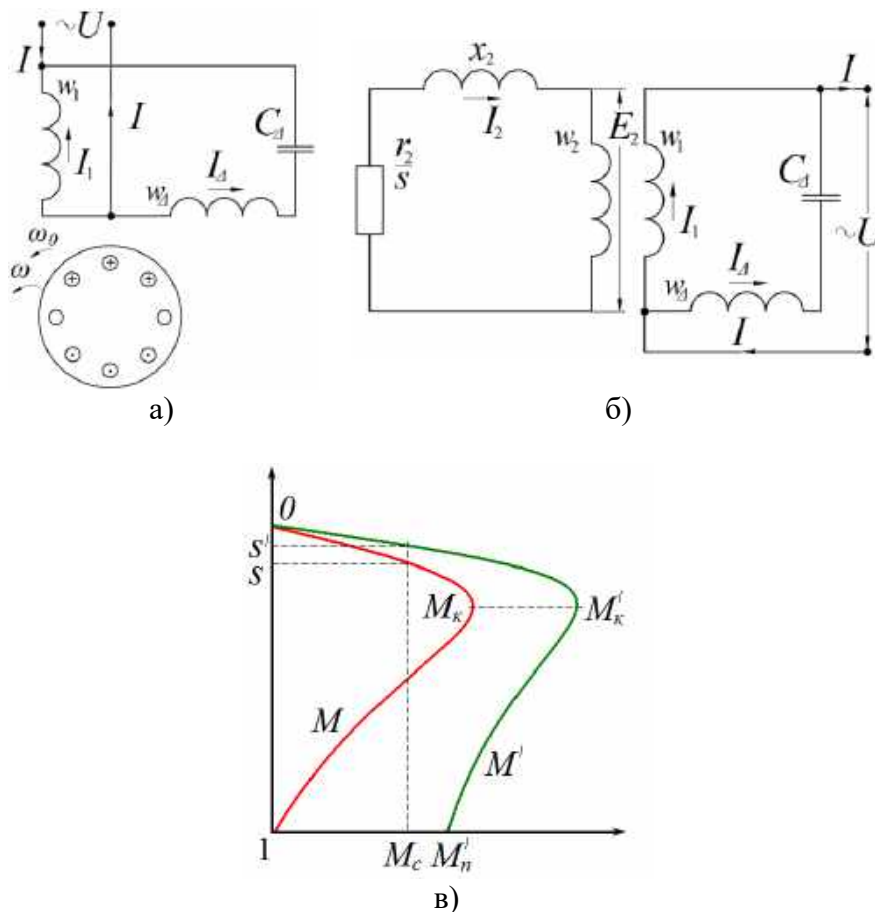


Рис. 1 – Принципова електрична схема обмотки статора (а), схема заміщення (б) однофазного компенсованого електродвигуна та механічні характеристики однофазного двигуна  $M(s)$  і однофазного конденсаторного (компенсованого) двигуна ( $M'(s')$ )

За заданих напруги живлення  $\dot{U}$ , параметрів двигуна [3] та внесеного реактивного опору  $x_{сд}$  ємності  $C_{д}$ , вибраної величини ковзання  $0 \leq s \leq 1$  режиму двигуна система рівнянь (1) розв'язується відносно шуканих струмів  $\dot{I}_1, \dot{I}_{\Delta}, \dot{I}_2, \dot{I}_0$  та напруг  $\dot{U}_{\Delta}, \dot{U}_{сд}$ , потужностей та моменту двигуна.

**Висновок.** Наведена методика розрахунку характеристик однофазного компенсованого асинхронного двигуна. Аналіз отриманих характеристик дає можливість обґрунтувати зміну параметрів двигуна для підвищення енергетичної ефективності та покращання його пуско-регулювальних характеристик.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник /А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф В. И. Афонин, Е. А. Соболевская/ – М.: энергоиздат, 1982. – 504 с.
2. Вольдек А. И. Электрические машины / Вольдек А. И. – Л.: Энергия, 1976. – 782 с.
3. Компенсовані асинхронні машини: монографія / [В.І. Мішин, В.В. Каплун, Р.М. Чуєнко та ін.]. – К.: КНУТД, 2012. – 221 с.
4. Копылов И. П. Электрические машины / Копылов И. П. – М.: Высшая школа, 2002. – 607 с.
5. Мишин В. И. Эффект внутренней емкостной компенсации реактивной мощности в асинхронном электродвигателе / Мишин В. И., Чуєнко Р. Н., Гаврилюк В. В. // Электротехника. –М., – 2009. – №8. – С. 30–36.

ЕНЕРГОФОРМУЮЧЕ КЕРУВАННЯ БЕЗЩІТКОВИМ ДВИГУНОМ ПОСТІЙНОГО  
СТРУМУ ЗА ПОСЕРЕДНИЦТВОМ ZETA–SEPIC ДВОНАПРЯМЛЕНОГО  
ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ

Щур І. З., д.т.н., проф., e-mail: [ihor.z.shchyr@lhnu.ua](mailto:ihor.z.shchyr@lhnu.ua)

Кузик Р.-І. В., аспірант, e-mail: [rostyslav-ivan.v.kuzyk@lpnu](mailto:rostyslav-ivan.v.kuzyk@lpnu)

Національний університет «Львівська політехніка»

**Актуальність досліджень.** Безщіткові двигуни постійного струму (БДПС) часто застосовують в електричних транспортних засобах завдяки таким їхнім перевагам як високі питомі, на одиницю маси та об'єму, показники потужності та моменту, високі надійність та ККД, простота в керуванні а також невисока вартість. При живленні від низьковольтної акумуляторної батареї такі двигуни керуються за посередництвом перетворювача постійної напруги (DC-DC перетворювача), який повинен мати понижувально-підвищувальні властивості, а для забезпечення роботи в тяговому та гальмівному з рекуперацією енергії до батареї режимах ще й двонапрявлену передачу потужності. У цій роботі для реалізації вказаних функцій обрано двонапрявлений Zeta–SEPIC DC-DC перетворювач. Серед його переваг над подібними у застосуванні DC-DC перетворювачами є наявність спільної негативної шини, що забезпечує зберігання полярності напруги на виході такого перетворювача. Як можна побачити з принципової схеми, двонапрявлений Zeta–SEPIC DC-DC перетворювач керується двома напівпровідниковими ключами S1 та S2. У тяговому режимі працює Zeta C-DC перетворювач, який керується ключем S1, в той час як ключ S2 перебуває у вимкненому стані, проте використовується його внутрішній зворотний діод. У гальмівному рекуперативному режимі, навпаки, ключ S1 вимкнений, а ключ S2 керує роботою SEPIC DC-DC перетворювача.

**Основні матеріали дослідження.** У даній роботі БДПС інтегровано в Zeta–SEPIC DC-DC перетворювач: обмотки двигуна з індуктивностями  $L_U$ ,  $L_V$ ,  $L_W$  виступають замість дроселя L2, а електрорушійні сили  $e_U$ ,  $e_V$ ,  $e_W$  виступають замість конденсатора C2.

Застосування декомпозиційного підходу в результаті дає дві підсистеми які описуються наступними рівняннями:

Тяговий режим	Гальмівний рекуперативний режим
$\frac{d}{dt} i_{L1} = \frac{1}{L_1} [(1-\mu_1)v_{C1} + \mu_1(E_B - i_{L1}R_B) - i_{L1}R_1]$	$\frac{d}{dt} i_{L1} = \frac{1}{L_1} [\mu_2 v_{C1} - (1-\mu_2)(E_B + i_{L1}R_B) - i_{L1}R_1]$
$\frac{d}{dt} i_U = \frac{1}{L_U} \left[ \frac{\mu_1(v_{C1} + E_B - i_{L1}R_B)}{2} - e_U - i_U R_U \right]$	$\frac{d}{dt} i_U = \frac{1}{L_U} \left[ \frac{(1-\mu_2) - ((E_B + i_{L1}R_B) - v_{C1})}{2} - i_U R_U + e_U \right]$
$\frac{d}{dt} i_V = \frac{1}{L_V} \left[ \frac{\mu_1(v_{C1} + E_B - i_{L1}R_B)}{2} - e_V - i_V R_V \right]$	$\frac{d}{dt} i_V = \frac{1}{L_V} \left[ \frac{(1-\mu_2) - ((E_B + i_{L1}R_B) - v_{C1})}{2} - i_V R_V + e_V \right]$
$\frac{d}{dt} i_W = \frac{1}{2L_W} \left[ \frac{\mu_1(v_{C1} + E_B - i_{L1}R_B)}{2} - e_W - i_W R_W \right]$	$\frac{d}{dt} i_W = \frac{1}{L_W} \left[ \frac{(1-\mu_2) - ((E_B + i_{L1}R_B) - v_{C1})}{2} - i_W R_W + e_W \right]$
$\frac{d}{dt} v_{C1} = \frac{1}{C_1} [(1-\mu_1)i_{L1} - \mu_1(i_U + i_V + i_W)]$	$\frac{d}{dt} v_{C1} = \frac{1}{C_1} [-\mu_2 i_{L1} + (1-\mu_2)(i_U + i_V + i_W)]$
$\frac{d}{dt} \omega = \frac{p_n}{2J} \left[ M + \frac{2b}{p_n} \omega - M_L \right]$	$\frac{d}{dt} \omega = \frac{P}{2J} \left[ -T_e + \frac{2B}{P} \omega - T_L \right]$



де  $\mu_1$  та  $\mu_2$  – коефіцієнти шпаруватості ШІМ транзисторів S1 та S2;  $v$  та  $i$  – напруги та струми елементів схеми;  $B$  являє собою коефіцієнт тертя в Нмс/рад,  $T_e$  та  $\omega$  – електромагнітний момент та кутова швидкість двигуна;  $J$  та  $T_L$  – момент інерції та момент статичного навантаження привода,  $P$  – кількість пар полюсів.

Синтез систем керування для підсистем було виконано з застосуванням енергетичного підходу, а саме пасивного керування (Passivity-Based Control – PBC). Перевагами такого підходу є фізичне розуміння формування керуючих впливів, чітка процедура їх структурного синтезу за методом Interconnection & Dumping Assignment (IDA) та асимптотична стійкість нелінійної системи [3].

Здійснений структурний синтез та сформовано керуючі впливи для обох підсистем. Було отримано структури формувачів керуючих впливів (ФКВ) підсистем, що дозволило гнучко керувати потоками енергії в підсистемах.

**Висновки.** В середовищі Matlab/Simulink побудовано комп'ютерну модель системи, на якій здійснено параметричний синтез ФКВ, а також сформовано адаптивні значення коефіцієнтів взаємозв'язків та демпфувань підсистем в залежності від кутової швидкості двигуна. Отримані результати симулювання показали задовільну якість динамічних процесів регулювання швидкості та електромагнітного моменту БДПС в режимах тяги та рекуперативного гальмування. Ці результати показують ефективність застосування енергетичного підходу та режимної декомпозиції до синтезу складної нелінійної системи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lee H.-Y., Liang T.-J., Chen J.-F., Chen K.-H. Design and implementation of a bidirectional SEPIC-ZETA DC-DC converter. *2014 IEEE Int. Symp. Circuits and Systems (ISCAS)*. 2014. Pp. 101-104.
2. Singh A.-K., Pathak M.-K. Single-stage ZETA-SEPIC-based multifunctional integrated converter for plug-in electric vehicles. *IET Electr. Syst. Transp.* 2018. Vol. 8, no. 2, pp. 101-111.
3. Щур І.З., Білецький Ю.О. Енергоформуєче керування нелінійними електромеханічними системами з синхронними машинами на постійних магнітах: монографія. Львів: Вид-во Тараса Сороки, 2018. 172 с.

## СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 615.47

### СТВОРЕННЯ СУЧАСНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ТА ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Аврунін О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleh.avrunin@nure.ua](mailto:oleh.avrunin@nure.ua)

Носова Я. В., к.т.н., доц., e-mail: [yana.nosova@nure.ua](mailto:yana.nosova@nure.ua)

Селіванова К. Г., к.т.н., доц., e-mail: [karina.selivanova@nure.ua](mailto:karina.selivanova@nure.ua)

Грохова Г. П., к.т.н., доц., e-mail: [ganna.grokhova@nure.ua](mailto:ganna.grokhova@nure.ua)

Прісич О. Ю., аспірант, e-mail: [olena.prisych@nure.ua](mailto:olena.prisych@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки

**Актуальність дослідження.** Сучасні довготривалі виклики для освітнього процесу, які спочатку були спричинені пандемією коронавірусу, а потім повномасштабною війною, потребують зміни підходів та розвитку технологій дистанційного навчання. Особливістю такої форми освітнього процесу є те, що не тільки допоміжний, а і основний навчальний матеріал повинен надаватись у он-лайн форматі. Насамперед, це дуже важливо для технічних та медичних галузей, якісна підготовка фахівців у яких потребує навичок роботи на складному обладнанні для набуття певних компетенцій і від надбання яких безпосередньо залежить досвідченість випускника [1, 2]. Вирішення цієї проблемивідсутності доступу до складної апаратури частково вирішується розробкою комп'ютерних моделей лабораторного обладнання, створенням навчального відео контенту [3, 4], та проведення експерименту у віртуальних середовищах [5, 6]. Широке впровадження дистанційної форми навчання та подальший розвиток технічних засобів віртуальної, доповненої та розширеної реальності вимагає більш досконалих підходів до навчальних відеоматеріалів, зокрема використання 3D-відеоконтенту (стереовідеоконтенту), що здатний викликати ефект присутності та відчуття глибини простору [7, 8]. Це може бути експериментальна лабораторна установка, або тренажерний зал з інструктором та учбовими вправами для фітнесу, або реабілітації. Такі підходи дозволяють при перегляді відео контенту створити зовсім нові відчуття за рахунок ефекту поглинання у середовище та зацікавити сучасного студента.

**Метою досліджень** є обґрунтування деяких параметрів для отримання якісного 3D-відеоконтенту для дистанційного навчання та реабілітації. Для отримання такого відеоконтента необхідна апаратура зі стерео-камерами, або стереоб'єктивом та знання основ теорії стереозору.

**Основні матеріали досліджень.** Базовий принцип формування стереовідеозображень – це дві камери, які фіксують одну сцену та можуть визначити трьохвимірний об'єкт за рахунок відносного зміщення (диспаратності, або паралаксу) об'єктів на зображеннях з кожної із двох камер. Розмір та напрямок зміщення об'єкту у двох стереозображеннях (стереопарі) створюють враження його відносної глибини. Основними параметрами при формуванні стереозображень є стереобаза – відстань між об'єктивами камер, що реєструють зображення, фокусна відстань відповідних об'єтивів та відстань до об'єктів зйомки. Від цих характеристик в кінцевому плані будуть залежити комфортність перегляду. Основні об'єкти зйомки повинні розташовуватись на відстані від 1,5 до 2,5 метрів від стереокамер. Це пов'язано як з психологічно-комфортним сприйняттям цієї області, так і з геометричними розмірами і розрізненням об'єктів при візуалізації. В більшості випадків зйомка проводиться ширококутними об'єктивами, які суттєво збільшують перспективу, що призводить до зменшення розмірів об'єктів на більшій відстані. При зменшенні відстані від камер до центрального об'єкту зйомки менш ніж 1,5 метри будуть спостерігатись суттєві геометричні викривлення. Також потрібно враховувати, що просторове розрізнення при сприйнятті зображення об'єкту по глибині зменшується зворотньо пропорційно квадрату величини дистанції від камери і на відстані 2 метрів складає близько 1 см. Для забезпечення реалістичності розрізнення зображень для кожного ока (з кожної камери) повинно бути не

менш, ніж FullHD. В іншому випадку буде спостерігатись пікселізація та загальне зменшення враження від стереоефекту. Значення стереобазидоцільно вибиративиходячи із глибини різкості зорового апарату відповідно як 1/30 від дистанції до розташування головного об'єкту зйомки. При середньої відстані до об'єкту біля 2 метрів стереобаза буде приблизно дорівнювати 6,5 см – усередненої відстані між очами дорослої людини. Також після обробки необхідно сформувати підписи та субтитри для опису досліджуваного середовища, які не повинні викликати подвоєння, або втому зору при перегляді.

**Висновок.** Фактично, при стереоконтенті отримуються двовимірні зображення з інформацією щодо глибини. Якісне 3D-відео дозволяє створення стереопар для формування повної просторової картини реального середовища. Це може бути корисним для повного занурення у середовище при спостеріганні різних експериментів на складному лабораторному обладнанні, або тренінгів контент для індивідуальних дистанційних тренувань при заняттях спортом, або реабілітації. Особливості стереозіру людини дозволяють за рахунок більшої реалістичності отримати при цьому додаткову інформацію щодо глибини простору та забезпечити розширене уявлення про реальні процеси.

Отриманий 3D-відеоконтент можливо переглядати як у звичайних гарнітурах віртуальної реальності, так і з використанням простих VR-окулярів для смартфонів. Це дозволяє за рахунок стереоскопічного сприйняття глибини простору збільшити реалістичність відеоматеріалів та підвищити інтерес сучасного студента шляхом отримання досвіду роботи з більш унікальним та запам'ятовуючим контентом. Перспективою роботи є розробка методичних рекомендацій для забезпечення 3D-відеоконтентом навчальних дисциплін, які пов'язані з використанням складного лабораторного обладнання, та систем для дистанційних спортивних тренувань та фізичної реабілітації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. O. Avrunin, S. Sakalo and V. Semenets, "Development of up-to-date laboratory base for microprocessor systems investigation," 2009 19th International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, 2009, pp. 301-302.

2. Семенець В., Каук В., Аврунін О. Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес // Вища школа. – № 5. – 2009. – С. 40-57.

3. Тимкович М. Ю. Можливості відеотехнологій для дистанційної освіти / М. Ю. Тимкович, Я. В. Носова, О. Г. Аврунін // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези восьмої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 130.

4. Avrunin O., Nosova Ya., Khudaieva S. Features of creation technologies for educational panoramic video content // Modern approaches to the introduction of science into practice: Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. San Francisco, USA 2020. Pp. 256–259.

5. Аврунін О. Г., Аверьянова Л. А., Бых А. И., Головенко В. М., Складар О. И. Методика создания виртуальных средств имитации работы рентгеновского компьютерного томографа. Техническая электродинамика. Тем. Вып. Т.5. Киев, 2007. – С. 105–110.

6. Аврунін О. Г., Носова Я. В. Применение виртуальных тренажеров в лабораторном практикуме при дистанционном обучении. Проблематика та практики дистанційної освіти в Україні : матеріали міжвузівської конференції, 19 жовтня 2012 р. Харків: Харк. нац. ун-т будів. та архіт., 2012. С. 6–10.

7. Аврунін О. Г. Можливості 3D-контенту при фізичній реабілітації в дистанційному режимі / О. Г. Аврунін, Г. П. Грохова, О. Ю. Прісич та ін. Реабілітація та протезування/ортезування XXI століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності : Матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю. Харків: УкрНДІ протезування, 2021. – С. 143-145.

8. Бажан О. В., Аврунін О. Г., Тимкович М. Ю. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії. Авіація, промисловість, суспільство : матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів, Кременчук. – 2018. – С. 184.

PHOTOTHERAPEUTIC EQUIPMENT ON LIGHT-EMITTING DIODES FOR  
EXTRACORPOREAL BLOOD IRRADIATION

O. Almazova, e-mail: [alonushka.alona27@gmail.com](mailto:alonushka.alona27@gmail.com)

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

M. Lysychenko, Doctor of Techn.Sc., Prof., e-mail: [1prlysychenko@btu.kharkiv.ua](mailto:1prlysychenko@btu.kharkiv.ua)  
State Biotechnological University

**Relevance of research.** Almost all modern phototherapy equipment that affects the body is created with the help of lasers. These devices are dangerous, quite expensive and require special personnel training. It became necessary to use safer, cheaper, easy-to-use radiation sources - LEDs instead of devices based on lasers [1,2]. The task was set to calculate the parameters of phototherapy equipment for extracorporeal irradiation of blood based on LEDs. We used our own research using various biophysical methods regarding the effective effect of electromagnetic radiation (EMR) of the optical range on human erythrocytes [3-7].

**The purpose of research.** Development of phototherapy equipment for extracorporeal blood irradiation based on LEDs using the results of own research.

**Basic research materials.** Universal phototherapy equipment for extracorporeal blood irradiation (EEBI) works at 3 of waves lengths, which are most effective when affecting human erythrocytes. The equipment consists of 2 parts (Fig.1).

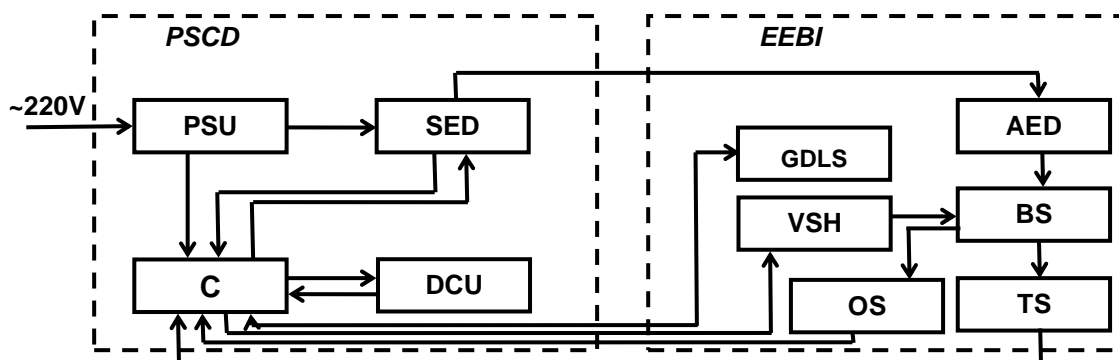


Fig.1 –Equipment diagram:

PSU - power supply unit; SED - switch of emitting diodes; C - controller; DCU - display and control unit; AED - array of emitting diodes ( $\lambda_1$ ;  $\lambda_2$ ;  $\lambda_3$ ); GDLS - group of digital light sensors; BS - blood sample; TS - temperature sensor; OS - optical sensor, «bubble protection» system, VSH - a valve that shuts off the flow of blood

**The first part** of the equipment for extracorporeal blood irradiation (EEBI) consists of a case, that have the diode arrays, mounted in the upper cover and the bottom. The arrays of emitting diodes (AED) are spaced evenly and operate on 3 ranges: (310-320 nm; 570-590 nm; 630-640 nm).

The case has a place for a blood irradiation cuvette (BC), with a size of 200 cm<sup>2</sup> (the size of a disposable sterile polypropylene container (DSPC) for blood collection and storage). Maximum radiation intensity is 33 mW/cm<sup>2</sup>, power is 6 W. Illumination is measured by a group of digital sensors (GDLS). The temperature (a change of no more than 1°K) is supposed to be fixed by a temperature sensor; (TS), which has thermal contact with the DSPC. In order to prevent the entering of the air bubbles during blood transfusion, the equipment contains a "bubble protection" system.

**The second part** of the equipment consists of a power supply and control device (PSCD), that supplies the emitting diode arrays (AED) with the current being changed according to the chosen law. PSCD includes: controller (C) - manages the devices' operating mode; emitting diodes switch (SED) – selects the desired group of EDs and regulates (using PWM) the power of EDs in

different modes. ICU (indication and control unit) includes an LC (liquid crystal) display - information about the main modes is displayed: operation type; ED group; temperature in the device; exposure time; power and time parameters during operation in pulse mode; a set of buttons - makes all changes in the operating modes of the device. On the front panel, there are indicators (confirming the light of the arrays of the corresponding EDs), a power supply switch with an indicator. The PSU (power supply unit) supplies voltage to all the sections of the circuit, carries out galvanic isolation of the device elements from the electrical network.

**The equipment works as follows:** the DSPC (with anticoagulant) is connected to the blood transfusion system, placed in the place for the blood irradiation cuvette. The information about the operation of all equipment is displayed on the LC display using buttons. This is the mode of constant or pulsed radiation of the array of the corresponding ED of the certain wavelength, exposure time, illumination, power. After the DSPC irradiation procedure, a blood vessel is punctured with the blood transfusion system needle, the clamp of the blood transfusion system is opened and the blood transfusion is performed. The duration of the irradiation procedure is set using the controller and displayed on the LC display.

**Conclusions.** Universal phototherapy equipment (based on own research) for EBI with an array with 3 groups of LEDs of different ranges ( $\lambda_1 = 310-320 \text{ nm}$ ;  $\lambda_2 = 570-590 \text{ nm}$ ;  $\lambda_3 = 640-650 \text{ nm}$ ) has been developed. The following was determined:

- exposure parameters to ensure a given dose and methods of their adjustment;
- method of calculating the parameters of the emitting diode arrays (photon field);
- the method of calculating the intensity of LED radiation is proposed;
- a functional scheme of the equipment and an algorithm of its operation were created.

The developed phototherapeutic equipment for extracorporeal irradiation of blood is a universal equipment that works on 3 wavelengths, which have the greatest effectiveness when affecting human erythrocytes.

The method of extracorporeal blood irradiation, along with ozone therapy and plasmaphoresis, acts as both prevention and comprehensive treatment for COVTD - 19, and also helps the body to recover after the transfer of this disease. Therefore, universal equipment for extracorporeal blood irradiation is becoming especially relevant nowadays. The proposed equipment, unlike the prototypes, is compact, cheap, and easy to use.

#### REFERENCES

1. Кизилова Н. Н., Коробов А. М. Механизмы влияния низкоинтенсивного оптического излучения на систему микроциркуляции (обзор)//Фотобіологія та експериментальна фотомедицина, № 1,2,- 2016. – С.75-95.
2. Карандашов В. И., Петухов Е. Б., Зродников В. С. Фототерапия – М.:Медицина, 2001. – 159с.
3. Алмазова Е. Б., Емец Б. Г., Бондаренко В. А., Перский Е. Э. Зависимость величины изменения толщины примембранного водного диффузионного слоя эритроцита от длины волны облучающего света. // Вісник Харківського університету № 716. Біофізичний вісник, 2005. –Вип. № 2(16). – С. 53-56.
4. Алмазова Е. Б., Емец Б. Г., Белоус О. И., Малахов В. А., Носатов А. В., Сиренко С. П., Фисун А. И. Роль КВЧ излучения в повышении биологической активности крови //Радіофізика та електроніка,- 2008.- № 3. – С. 556-561.
5. Алмазова Е. Б., Емец Б. Г. О механизме влияния излучения газоразрядной ртутной ультрафиолетовой лампы на толщину примембранного водного слоя эритроцитов человека // Біофізичнийвісник,- 2008. – Вип. №21(2). – С. 88-94.
6. Алмазова О. Б., Лисиченко М. Л. Когерентне та монохроматичне випромінювання змінюють час гемолізу еритроцитів, а також швидкість зустрічногопереміщення іонів крізь еритроцитарну мембрану// Енергетика та автоматика,2020. – Вип.№3.С. 109-127.
7. Алмазова О. Б., Лисиченко М. Л. Вплив ультрафіолетового випромінювання на кінетичні характеристики в еритроцитах // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання – Х.: НТУ "ХПІ". – 2021. – № 1 (5). – С. 125-140.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ТКАНІ  
ПРИ ДОСЛІДЖЕНІ ПОСТІЙНИМ СТРУМОМ

Баленко М. М., магістр, e-mail: [marianna.balenko@gmail.com](mailto:marianna.balenko@gmail.com)

Кривонос В. Є., д.т.н., проф., e-mail: [kryvonosov@nubip.edu.ua](mailto:kryvonosov@nubip.edu.ua)

Шайко-Шайковський д.т.н., проф., e-mail: [O.Shaiko-Shaikovskiy@chnu.edu.ua](mailto:O.Shaiko-Shaikovskiy@chnu.edu.ua)

**Актуальність теми.** Гостра ішемія кінцівки – це раптове критичне зниження перфузії, що загрожує життєздатності кінцівки [1]. Частота виникнення цього стану становить 1,5 випадки на 10 000 осіб на рік. Своєчасна діагностика начального процесу некрозу дозволяє побудувати графіки прогнозування розвитку ішемії, корегувати курс терапевтичного лікування на різних стадіях, тем самим відстрочити хірургічне лікування і інвалідність хворого.

Вимірювання електропровідності (кондуктометрія) широко використовується при вивченні процесів, які відбуваються в живих клітинах і тканинах під час зміни фізіологічного стану в результаті дії патологічних процесів. Основним механізмом, який характеризує протікання постійного електричного струму в живих організмах, є електрична провідність, яка обумовлена іонною провідністю. Для дослідження змін біофізичних якостей тканини не достатньо досліджено питання застосування характеристичних показників зміни електропровідності у перехідних процесах та виявлення критеріїв для оцінки стану біологічної ткани.

**Мета роботи.** Удосконалення електричних схем заміщення при дослідженні електропровідності біологічної ткани під впливом напруги постійного струму.

**Основний матеріал дослідження.** Біологічні середовища є електролітами. Для побудови математичних моделей та аналізу дій сторонніх факторів на біологічну тканину використовують електричні схеми заміщення, як ділянок тканини, так і окремих органів [2.3]. Ці схеми з певним наближенням можуть бути еквівалентними електричними схемами біологічних тканин, але жодна з них не може повністю відтворювати закономірності

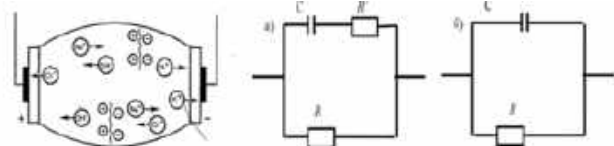


Рис 1. Фізична модель біологічної ткани  
та її електричні схеми заміщення.

пропускання електричного струму через біологічні системи. Критерієм вибору електрична схема заміщення є відповідність перебігу фізичного процесу в біологічному середовищі, які вона описує. Найпоширенішими з'єднаннями елементами в такій схемі є конденсатор С і резистор R, рис. 1, згідно [3]. Аналіз схеми (рис. 1, а), при початковому включенні ( $t=0$ ) і

враховуючи що  $R < R'$ , вхідний струм  $I_{вх}$  буде обмежений вхідним опором  $R_{вх}$ , який  $R_{вх} < R$ . Величина вхідного струму повинна перевищувати значення, що встановилося в кілька разів. що на практиці не спостерігається. У схемі (рис. 1, б), у початковий момент прагне нескінченності  $I_{вх} \rightarrow \infty$ , оскільки R зашунтований. В обох схемах, рис.1 а) та б), у початковий момент виділяється максимальної тепло, яке може пошкодити тканину (локальні перегріву [24]), що на практиці не спостерігається.

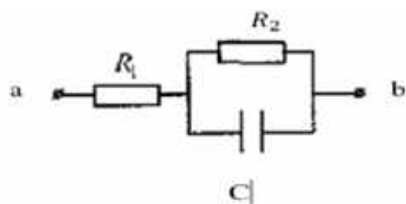


Рис2. електрична схема заміщення біологічної ткани.

Для дослідження перехідних процесів іонізації у біологічних тканинах, розглянута схема, рис.2.

На рис. 1, позначено,  $R_1$  – активний опір в міжклітинному просторі,  $R_2$  – опір клітин ткани, С – ємкісна складова.

Характеристичним рівнянням є:

$$1 \frac{dE_{ion}}{dt} + \left(\frac{1}{R_2 \cdot C}\right) \cdot E_0 = 0 \quad (1)$$

Рішенням відносно  $E_{ion}$  звісно [24] и має вигляд;

$$E_{ion} = E_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) \quad (2)$$

де  $E_0 = I_2 \cdot R_2 = I_1 \cdot R_2$ , , для часу  $t=0$ ,  $I_2 = I_1$ ;  $\tau_1 = C \cdot R_2$  стала часу процесу іонізації. Баланс напруги, згідно другого закону Кірхгофа має вигляд:

$$U_{ab} = \Delta U_1 + E_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}) \quad (3)$$

Вхідний струм :

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{R_1 + R_2(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})} = \frac{U_{ab}}{Z} \quad (4)$$

де  $Z = R_1 + R_2(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$  – вхідний опір біологічної тканини.

Згідно з правил перехідних процесів, для першої граничної умови  $t=0$ ,  $E_{i_{\text{юн}}} = 0$  а  $I_{i_{\text{юн}}} = I_1$ , вхідний струм визначиться виразом:  $I_1 = \frac{U_{ab}}{R_1}$ . Для другої граничної умови -  $t \gg \tau_1$ , (сталий режим),  $I_{i_{\text{юн}}} = 0$ ,  $E_{i_{\text{юн}}} = E_0$ . Вхідний струм визначиться виразом:  $I_1 = \frac{U_{ab}}{R_1 + R_2}$

Аналіз виразів показує, запропонована схема заміщення, для опису фізичних процесів, як у перехідному, так і в сталому режимах, адекватно відповідають фізико-біологічним явищам у тканині. На рис. 3. Приведені експериментально отримані залежності зміну опору біологічної тканини при впливу напруги постійного струму.

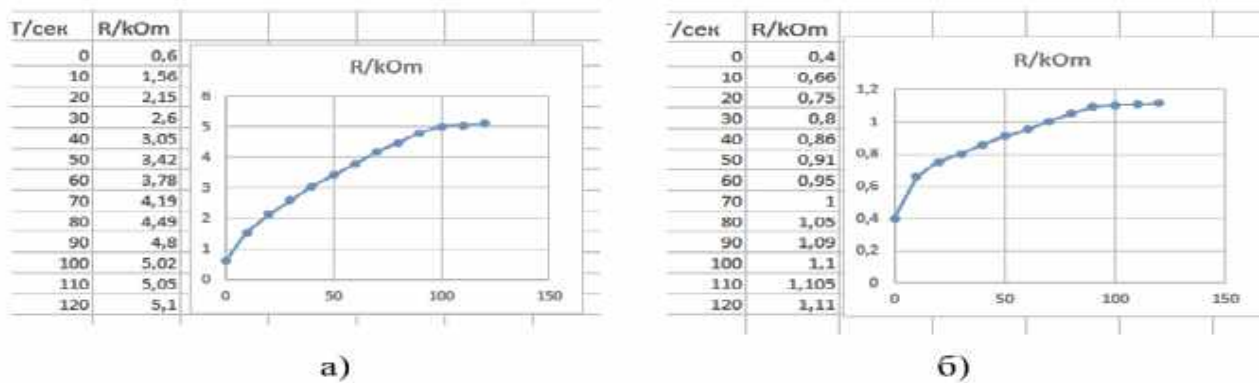


Рис. 3 – Графіки зміни опору тканини в залежності від часу припинення кровообігу; а) здорова тканина, б) 0,5 часу після припинення кровообігу.

Аналіз залежностей, дає право стверджувати, що в початковий момент часу ( $t=0$ ), опір біологічної тканини змінюється від 0,4 до 2 кОм, залежить від стану кровообігу. У перехідних режимах, під дією напруги постійного струму, опір біологічної тканини збільшується за експонентним законом і досягає максимального значення з припиненням процесу іонізації.

#### Висновки:

1. Електрична схема заміщення біологічної тканини, для досліджень електропровідності інвазивним способом напругою постійного струму, містить паралельне з'єднання активної та ємнісної складових, що враховують іонізаційний процес у тканинах і з'єднаний послідовно з ними активний опір, що характеризують міжклітинні зв'язки, дозволяє достовірно досліджувати

2. Зміна вхідного опору відбувається за експоненціальним законом і з закінченням процесу іонізації збільшується на величину опору між клітинних зв'язків.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марценюк В. П. Медична та біологічна фізика /В. П. Марценюк. –Тернопіль: "Укрмедкнига", 2012.–304 с.–(ISBN 978–966–673–193–0).

2. Н. Ф. Терещенко, В. В. Цапенко, Н. В. Чухраєв. Дослідження електропровідності біологічних тварин. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування*. – 2017. – Вип. 53(1)

3. Біофізика і біомеханіка [Електронний ресурс] : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко та ін.; НТУУ «КПІ». –Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 346 с.

RESEARCH IN FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING, LABORATORY  
OF BIOCYBERNETICS, CHAIR OF BIOMEDICAL ENGINEERING UNIVERSITY  
OF LJUBLJANA

Maša Blažič, študentka, Katja Ružič, študentka  
Scientific advisor - Prof. Damijan Miklavčič  
+386 1 4768 456 e-mail: [damijan.miklavcic@fe.uni-lj.si](mailto:damijan.miklavcic@fe.uni-lj.si)  
University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering,  
Trzaska 25, 1000 Ljubljana, Slovenia

Since its foundation in 1963, the Laboratory of Biocybernetics has been involved in the study of interaction between electromagnetic fields (EMFs) and biological systems. This includes both the investigation of harmful effects of EMFs on organisms and the exploitation of beneficial effects of EMFs for therapeutic and diagnostic purposes. During the period from the mid-1960s to the end of the 1970s, the major research topic was Functional Electrical Stimulation (FES) for the restoration of motor functions impaired by different types of injuries or neuromuscular diseases.

Biomedical engineering is a very diverse interdisciplinary field of study linking engineering with medicine and biology. Biomedical engineering strives to expand and deepen our knowledge of the composition and functioning of complex biological systems in different environments by employing engineering approaches and methods. Biomedical engineering continually develops new technologies, devices and procedures for the monitoring, maintenance and improvement of health and the quality of life; it is among the most rapidly evolving areas and will have an important impact on our future lives.

Since 1980s, our main field of research are the investigations of the influence of electric currents and electromagnetic fields on the physiological state of cells, tissues, organs, and the body as a whole, Fig. 1.



Fig. 1 – Investigations of the influence of electric currents and electromagnetic fields on the body

Since 1990s, our investigations gradually focused on cell membrane electroporation with its applications in biology, biotechnology, and medicine, particularly electrochemotherapy of tumors (ECT) and electrogene therapy (EGT), where we are among the leading research groups in the world.

At the Laboratory of Biocybernetics the infrastructural centre “Cellular Electrical Engineering” is located. Main parts of infrastructural centre which enable the research are the Unit for electric pulse generator development and the Unit for lipid bilayers, biological and microbiological research, Fig. 2.





Fig. 2 – Infrastructural Centre «Cellular Electrical Engineering»

The main purpose of infrastructural centre is the study of interactions between electromagnetic fields and living organisms. Main areas of research supported by infrastructural centre are:

- a). cell and tissue electroporation and its use in electrochemotherapy of tumors and gene electrotransfection
- b). development of electrical equipment and electrodes for research and clinical work
- c). design of microelectrodes, microchambers and microstructures that enable application of electric pulses and monitoring of their effects on level of lipid bilayers, lipid vesicles, cells and microorganisms.

We are studying the electroporation phenomenon using both theoretical and experimental approaches, and on scales ranging from atomic-molecular (MD simulations), membrane-level (lipid bilayers and vesicles), organelle- and cell-level (cells in suspension, attached cells, and clusters of them), up to tissues and organs (experiments on animals in cooperation with the Institute of Oncology Ljubljana), and we also collaborate in clinical studies (again in cooperation with the Institute of Oncology Ljubljana). Our work encompasses analytical derivations, numerical computations and simulations, experiments *in vitro* and *in vivo*, treatment planning, and we are also developing devices for research and clinical use, as well as information technology for clinical trials. A more detailed description of our work in each field can be obtained by following the links in the research tab.

The membrane electroporation of a biological cell has been well known as a convenient, multipurpose and universal way of temporarily increasing its permeability in a pulsed electric field (PEF) with certain parameters. The influence of this field on the cell leads to reversible perforation or irreversible membrane rupture depend on applied field strength. The process and result of the membrane interaction with the PEF is greatly influenced by its heterogeneous biological structure, which has both native pores of various sizes and various protein inclusions. This leads to heterogeneity of the electrophysical properties.

Main research path in the areas of medicine and biology is the use of electroporation to enhance the transport of various substances into cells or to directly affect the cell viability. This mechanism can be used for various aims, such as treatment of cancer, insertion of genetic material for genetic modification of organisms or gene therapy, directly destroying target tissues, and protection of cells during freezing.

Electrochemotherapy is a cancer treatment modality which uses electroporation to increase the uptake of cytotoxic drugs into cells. This allows for a great potentiation of the effectiveness of these drugs, while simultaneously limiting side effects of the drugs. Laboratory of Biocybernetics (Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana) is actively involved in development of numerical treatment planning methods for optimization of treatment delivery. This is used in clinical studies for electrochemotherapy of liver tumors and head and neck cancer. Irreversible

electroporation uses electrical pulses alone to destroy unwanted tissues, which has been used already in the treatment of liver, pancreas, kidney and brain tumors.

Electroporation can be used to introduce genetic material into cells, which leads to gene expression, enabling different basic research in biology. Simultaneously, we are researching electroporation for gene therapy, where different therapeutic endpoints are investigating, among those also treatment of cancer.

During freezing of cells, ice crystals form, which can damage the fragile cell membrane, so typically several toxic protective substances are used. However, using electroporation various natural sugars, which are used by cold adapted plants, can be introduced into the cells. In this way, cells can be protected using non-toxic materials, which is especially important for keeping of stem cells.

Our publications in the field have received over 10 thousand pure citations, we were the chairs of the COST action TD1104 – European network for development of electroporation-based technologies and treatments (EP4Bio2Med), that ran from 2011 until 2016, bringing together 581 researchers of electroporation from 243 research institutions and 28 hi-tech companies from 43 different countries. Since 2003 we are organizers (first bi-annually, and since 2011 annually) the workshop and postgraduate course Electroporation-Based Technologies and Treatments, attracting each year over 50 attendees, and in total over 700 participants from 39 different countries. Professor Damijan Miklavčič, the head of the laboratory, is the editor of the Handbook of Electroporation, published in 2017 by Springer, currently spanning almost 3000 pages, and available in print as well as online.

#### REFERENCES

1. [https://www.fe.uni-lj.si/en/research/chairs\\_and\\_laboratories/](https://www.fe.uni-lj.si/en/research/chairs_and_laboratories/)
2. Mahnič-Kalamiza S., Miklavčič D. The Phenomenon of Electroporation. In Raso J., Heinz V., Alvarez I., Toepfl S. (Eds.), Pulsed Electric Fields Technology for the Food Industry: Fundamentals and Applications, 2nd Edition, Springer Nature Switzerland AG, 2022, pp. 107-142. DOI 10.1007/978-3-030-70586-2\_3
3. Kotnik T., Pucihar G., Miklavčič D. The cell in the electric field. In Kee S.T., Gehl J., Lee E.W. (eds.), Clinical Aspects of Electroporation, Springer Science + Business Media LLC, New York, 2011, pp. 19-29. DOI 10.1007/978-1-4419-8363-3\_3
4. Pirc E., Reberšek M., Miklavčič D. Dosimetry in Electroporation-Based Technologies and Treatments. In Markov M.S. (ed.), Dosimetry in Bioelectromagnetic, CRC Press, Boca Raton, 2017, pp. 233-268. DOI 10.1201/9781315154572-13
5. Kranjc M., Dermol-Černe J., Potočnik T., Novickij V., Miklavčič D. High-intensity pulsed electromagnetic field-mediated gene electrotransfection in vitro. *Int. J. Mol. Sci.* 23: 9543, 2022. DOI 10.3390/ijms23179543
6. Balantič K., Miklavčič D., Križaj I., Kramar P. The good and the bad of cell membrane electroporation. *Acta Chim. Slov.* 68: 753-64, 2021. DOI 10.17344/acsi.2021.7198

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Гарасимчук І. Д., к.т.н., доц., e-mail: [igorgarasymchuk@gmail.com](mailto:igorgarasymchuk@gmail.com)

Хворостовський В. Г., асистент, e-mail: [mnie@pdatu.edu.ua](mailto:mnie@pdatu.edu.ua)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження** полягає у розробці штучної нейронної мережі як системи аналізу електроміограми та дослідженні особливостей використання, можливих переваг та недоліків такої форми.

В роботі побудовано штучну нейронну мережу, що є об'єктом наукового дослідження.

**Метою роботи** є система аналізу біоелектросигналів.

**Основні матеріали досліджень.** Контроль ручних м'язів, як правило, виконується за рахунок невеликих розумових зусиль великою кількістю управляючих та зворотних сигналів, які зв'язують разом центральною нервову систему та м'язи [1]. М'язи, що контролюють руку, розташовані в проксимальних частинах руки, і вони мають довгі, іноді кілька сухожилів, що сплітаються в кілька вузлів, при цьому іноді вузол діє на кілька пальців. Таким чином, контроль рухів рук вимагає складного малюнка нейронної активації та гальмування кількох м'язів [2].

Під час виконання дослідження розглянуто ряд баз даних записів ЕМГ. В процесі розгляду різних баз даних були сформовані наступні критерії до обраної бази даних:

– в якості корисної інформації база даних має містити сигнал електроміограми кінцівки (руки або ноги);

– частота запису має бути не менше 1 кГц, так як відповідно до джерел [3] корисна інформація про скорочення м'язів знаходиться на частоті до 500 Гц, а за законом Найквіста частота дискретизації сигналу має щонайменше вдвічі перевищувати верхню частоту спектру корисного сигналу;

– база даних має містити кодовані стани, що відповідають тому чи іншому руху, інакше не маємо можливості навчити штучну нейронну мережу;

– чим більше обсяг бази даних, тим краще, не менше 15 записів довжиною не менше 30 секунд. Ця умова необхідна для забезпечення достатнього для навчання та тестування вибірки. Чим більша вибірка – тим вище якість навчання мережі.

Для навчання обрано базу даних відкритого доступу [4]. Цей набір даних містить дані поверхневої електроміографії верхніх кінцівок (SEMG), зібрані під час гібридного дослідження, що включало дворазове рандомізоване клінічне випробування (RCT) разом із додатковою групою порівняння спостережень. База даних зібрана на 60 здорових досліджуваних людях, віком 50-79 років, має 86 записів. 86 записів було розподілено на 2 групи по 43 записи, одна група – навчальна вибірка, друга група – тестова вибірка. При пропусканні вибірки через нейронну мережу в тестовому режимі не змінюються налаштування вагових коефіцієнтів всередині нейронної мережі.

В базі даних маємо 4 потоки даних з 4х пар електродів, знятих з 4х точок кріплення, як показано на рисунку 1. Частота – 1500 записів на секунду (1.5 кГц).

Всі чотири потоки даних мають загальний вигляд, представлений на рисунку 2. Спостерігаємо, набір кривих високої частоти. Також до бази даних маємо помітки в час з закодованими діями. Записи закодовані в файлі форматів \*.edf [5]. Цей формат є типовим для записів ЕМГ, ЕКГ, ЕЕГ та інших медичних сигналів.

Якщо перевести в графічну форму кривої за допомогою спеціальних модулів, кодування даних матиме вигляд, як на рисунку 3. Описані стани, в залежності від величини, відповідають виконанні задач поворухнути пальцем (невеликі піки), або зжати всю руку (великі піки). Якщо говорити про опис кодованого сигналу, то згинання пальця позначається як «1», загинання долоні – «5». В якості виходу подається сума таких сигналів.

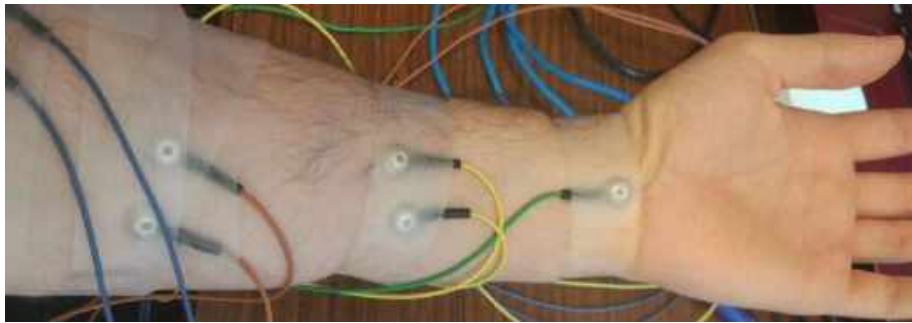


Рис. 1 – Кріплення електродів для ЕМГ

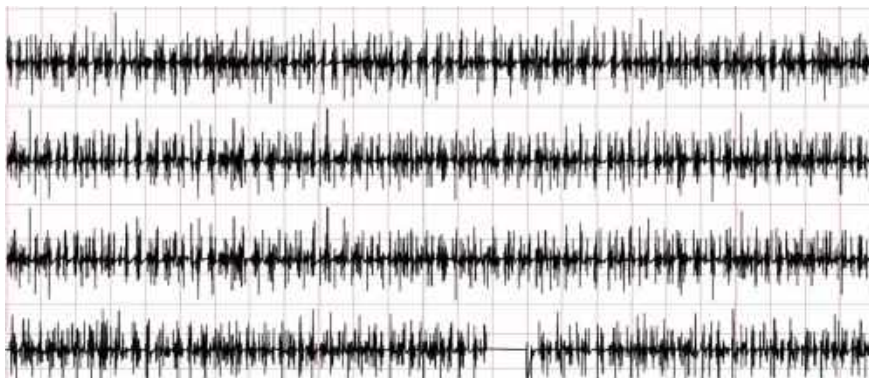


Рис. 2 – Потіки запис потоків даних в ЕМГ в інструменті PhysioNet

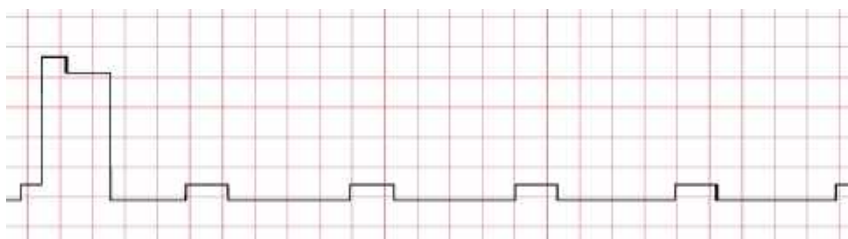


Рис. 3. – Крива опису станів міограми. Зображення в інструменті відображення фізіонет

**Висновок.** Поставлені вимоги та обрана відповідна база даних. База даних знаходиться у відкритому доступі та складається із записів поверхневих електроміограм, знятих з 4х електродів а також розшифровкирухів у відповідний часовий момент. База містить 86 записів, до вибірки увійшли здорові люди віком 50-70 років, довжина кожної знаходиться в межах 40-70 секунд, 1500 записів на секунду. 43 записи використані для тренування і 43 для подальшого тестування. Обсяг бази даних 8,11 Гб.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Malesevic N. A data base of multi-channel intramuscular electromyogram signals during isometric hand muscles contractions. / Nebojsa Malesevic. // Scientificdata. – 2020. – №7. – С. 1–12.
2. Van Gerven M., Bohte S. Artificial neural networks as models of neural information processing //Frontiers in Computational Neuroscience. – 2017. – Т. 11. – С. 114.
3. Tripathi M. Under fitting and Overfitting in Machine Learning [Електронний ресурс] / Mayank Tripathi // Data Science foundation. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://datascience.foundation/sciencewhitepaper/underfitting-and-overfitting-in-machine-learning>.
4. Kohonen T. Self-organization and associative memory. Series in Information Sciences / Kohonen. – Berlin: Springer-Verlag, 1984.
5. Brownlee J. Overfitting and Under fitting With Machine Learning Algorithms [Електронний ресурс] / Jason Brownlee // Machine Learning Mastery. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://machinelearningmastery.com/overfitting-and-underfitting-with-machine-learning-algorithms>.

ВПЛИВ РАДІОІМПУЛЬСНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ  
НА БІОЛОГІЧНО-АКТИВНІ ТОЧКИ ТВАРИНГузенко В. В., к.т.н., ст.викл., e-mail: [hnaghv@btu.kharkov.ua](mailto:hnaghv@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день агропромисловий комплекс (АПК) відноситься до числа основних народногосподарських комплексів, що визначають умови підтримки життєдіяльності суспільства. Відомо, що збільшення поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) пов'язане з підвищенням їх життєздатності телят в перші дні після народження.

Аналіз сучасних літературних джерел свідчить, що із-за хвороб найбільші втрати телят бувають до 15-денного віку. За громадськими даними, на перші 5 днів життя припадає 40...50% загибелі телят, на перші 10 днів – 65...70% і до 15-денного віку – 75...80% від полеглих протягом першого року життя [1].

На сьогоднішній день для збереження молодняка використовують гормони, антимікробні препарати, і інші хімічні препарати. Медикаментозні засоби бувають у більшості випадків неефективними, а тривале їх застосування може викликати ускладнення, які пов'язані з бурхливим розвитком стафілококів, грибків, гематологічних штамів кишкових паличок і протей [2].

Доведено, що сучасною альтернативою медикаментозним засобам, для терапії хворих на диспепсію, телят які народилися, може бути використання інформаційних радіоімпульсних електромагнітних випромінювань для впливу на біологічно активні точки, нейтрофіли, тучні клітини в кровоносних судинах на ранніх стадіях розвитку диспепсії тварин [3].

Розробка електромагнітної терапії тварин і, зокрема, методів лікування тварин вимагає розуміння механізмів впливу електромагнітних полів на організм тварин в цілому. Розвиток клінічної та експериментальної імунології поступово призвело до розуміння провідної ролі імунних захисних механізмів, а разом з вдосконаленням обчислювальної техніки – до створення відповідних математичних рішень.

Інформаційні радіоімпульсні електромагнітні випромінювання для опромінення тварин здатні модифікувати імунний статус організму тварин, проявляти протизапальну дію, збільшувати мікроциркуляцію крові в тканинах, активізувати фізіологічну і репаративну регенерацію.

В основі радіоімпульсного електромагнітного впливу на біологічні об'єкти покладені резонансні явища, ступінь прояву яких залежить від молекулярної орієнтації опромінюваної тварини та умов її існування [2].

Науковим фундаментом досліджень, що проводяться, є той факт, що явища електромагнітної природи є не супутніми, а суттєвими факторами життєдіяльності будь-якого живого організму [3]. Враховуючи, що біологічно активні точки шкірного покриву тварин характеризуються шаруватою будовою і, отже, різними електрофізичними характеристиками, то вимагалось теоретично розглянути розподіл ЕМП усередині неоднорідної структури цього біологічного об'єкту. Основною метою теоретичного аналізу ЕМП усередині біологічного об'єкту було вивчення розподілу його в об'ємі об'єкту з метою керування біофізичними процесами за рахунок зміни біотропних параметрів.

**Мета досліджень.** Визначення біотропних параметрів радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для лікування диспепсії новонароджених телят великої рогатої худоби.

**Основні матеріали досліджень.** В якості електродинамічної моделі біологічно активної точки (БАТ) розглядатимемо плоскошарову діелектричну структуру. Така структура утворена трьома плоскими діелектричними шарами і кінцевим циліндром,

заповненим діелектриком (білком колагену). Верхній шар моделює тучні клітини, середній шар – кровоносні і лімфатичні судини, а нижній шар утворений провідними нервовими волокнами, що передають сигнали управління від БАТ до центральної нервової системи. Розглянута електродинамічна структура є діелектричним резонатором (кінцевий циліндр), розташованим в діелектричному середовищі.

Після ряду перетворень, початкове нестационарне завдання дифракції радіоімпульсного випромінювання на БАТ зведене до трьох завдань дифракції. Використовуючи результати дослідження був побудований алгоритм для розрахунку функції Гріна.

Після ряду перетворень, було отримано рівняння (1):

$$\bar{E}_{cp} = \frac{E_0 \Omega \sin\left(\frac{2\pi\omega}{\Omega}\right)}{2\pi\omega} \left[ 1 + \frac{m}{1 - \frac{\Omega^2}{\omega^2}} + \frac{k^2 R^2}{12} \left( \frac{\kappa^2 R^2 \varepsilon_2}{2\delta} \left( 1 + \frac{m}{2} \left( 1 + \frac{\Omega^2}{\omega^2} \right) \right) - \frac{2\kappa R \sqrt{\varepsilon_2}}{\pi} (1+m) + \frac{2\delta}{\pi} \left( 1 + \frac{m}{8} \right) \right) \right] \quad (1)$$

де  $\omega$  – частота заповнення радіоімпульсу,  $\Omega$  – частота модуляції амплітуди,  $m$  – глибина модуляції, а також геометричних і матеріальних параметрів БАТ:  $R$  і  $h$  – радіус і висота циліндра (модель БАТ),  $\varepsilon_1$  – діелектрична проникність середовища, що заповнює циліндр (білок колагену),  $\varepsilon_2$  – діелектрична проникність шару, що моделює кровоносні і лімфатичні судини.

Формула (1) є основою для дослідження залежності напруженості електричного поля у БАТ від параметрів радіоімпульсного випромінювання.

Як впливає з (1), при значеннях параметра в рамках розглянутої електродинамічної моделі БАТ були вибрані наступні геометричні і матеріальні параметри:

$R = 0.1 \div 0.3$  мм,  $h = 0.1 \div 0.5$  мм,  $h_1 = 10^{-6}$  мм,  $h_2 = 10^{-3}$  мм,  $\varepsilon_1 = 10$ .

**Висновок.** Для аналізу розподілу електричної напруженості у БАТ шкірного покриву тварин слід використовувати модель, яка утворена трьома плоскими діелектричними шарами і кінцевим циліндром, заповненим діелектриком (білком колагену).

Для аналізу розподілу інформаційного радіоімпульсного електромагнітного випромінювання у БАТ новонароджених телят слід використати рівняння (1).

Для лікування телят хворих диспепсією слід використати частоту заповнення імпульсів 45 ГГц з нормованою напруженістю електричного поля 0,65.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Карлик А. В. Повышение сохранности новорожденных телят / А. В. Карлин, В. И. Пушкарев // Ветеринария. – 1996. – № 12. – С. 20.
2. Урван В. П. Болезни молодняка в промышленном животноводстве / В. П. Урван, Л. Найманов. – М. : Колос, 1984. – 152 с.
3. Воронцов Л. А. О профилактике и лечении желудочно-кишечных болезней телят / Л.А. Воронцов, М. Г. Гамидов // Сб. науч. тр. БСХИ. – Благовещенск, 1992. – Вып. 9. – С. 14–21.

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗАЛУЧЕННЯ КОМАХ-ШКІДНИКІВ САДІВ ДО ШТУЧНОГО ДЖЕРЕЛА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Дубік В. М., к.т.н. доц., e-mail: [ymdubick@gmail.com](mailto:ymdubick@gmail.com)

Подільський державний університет

**Актуальність дослідження.** Використання сучасних хімічних засобів дозволяють успішно захистити плодові культури від комплексу шкідливих комах. Проте хімічний метод викликає збіднення біоценозу в результаті масового знищення майже усього комплексу паразитуючих і хижих комах, забруднення біосфери, поява стійких до пестицидів шкідників, в деяких випадках призводить до підвищення плодючості окремих комах і кліщів та ін. Наукові дослідження останніх років показують, що альтернативою хімічному методу може бути електрофізичний. Електрофізичний метод заснований на застосуванні електрооптичних перетворювачів [1,2,3,4]:

**Метою дослідження** є дослідження оптичних атрактантів для імпульсної електромагнітної технології в системах захисту садів від комах-шкідників.

**Основні матеріали досліджень.** Аналіз досліджень показав, що величини мінімальної освітленості, що викликає фототропічну реакцію комах в різних експериментах, значно розрізняються. Це пов'язано з різною освітленістю місця існування комах під час проведення експериментів. Зоровий апарат комах, і що особливо ведуть нічний спосіб життя, має високу контрастну чутливість, що дозволяє реагувати на незначні зміни освітлення і забарвлення предметів. Величина контрастної чутливості складає [5,6]:

$$K_{nop} = \frac{\Delta L_{nop}}{\Delta L_{\phi}} = 0,01 \dots 0,05,$$

де  $\Delta L_{nop}$  – мінімальна яскравість об'єкту і фону, контрольована комахами;

$\Delta L_{\phi}$  – яскравість фону.

Адаптований до темряви зоровий апарат комахи дозволяє орієнтуватися в просторі при рівнях освітленості близько 0,0005 лк. При зміні освітленості, висока контрастна чутливість забезпечується механізмами темної і світлової адаптацій.

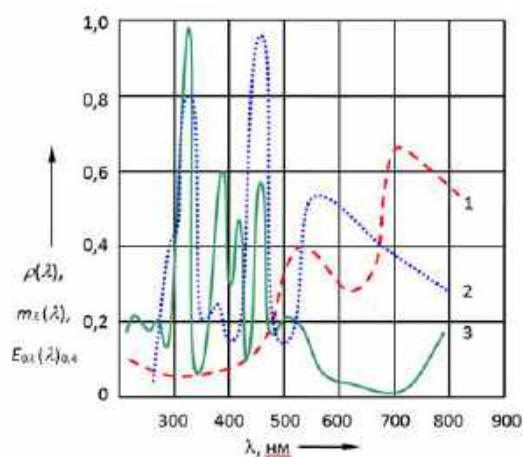


Рис. 1 – Спектральні характеристики випромінювання нічного неба, віддзеркалення фону і чутливості ока яблуневої плодожерки :

- 1 – спектральний коефіцієнт віддзеркалення фону;
- 2 – спектральна характеристика чутливості ока комахи;
- 3 – спектральна характеристика нічного неба.

Для визначення критичної відстані, що визначає привабливість комах джерелом світла, спектральним коефіцієнтом віддзеркалення, спектральною характеристикою нічного неба, кривій відносної біологічної чутливості яблуневої плодожерки.

На рис. 1 приведені спектральні характеристики нічного неба, віддзеркалення фону і чутливості ока комах.

Для приведення розрахунків необхідно усі використовувані спектральні характеристики досліджуваних джерел світла відповідають наступній умові:

$$K_{\text{пор}} < \frac{\theta A_2}{\pi A_1 m} \left(1 + \frac{A_3 E_0 x^2}{A_2 I_\alpha(0)}\right) - 1.$$

Співвідношення  $A_2 / A_1$  виражає міру відповідності спектрів випромінювання джерела світла і спектру віддзеркалення його від фону. Співвідношення  $A_3 / A_2$  виражає міру відповідності спектрів випромінювання джерела світла і спектрів нічного неба.

**Висновок.** Після графічного обчислення інтегралів в інтервалі довжин хвиль  $\lambda = 280 \dots 340 \text{ нм}$  були отримані наступні значення коефіцієнтів  $A_1 \dots A_2, A_3$ :

- для люмінесцентної лампи ЛЕ-15:  $A_1=0,48$ ;  $A_2=1,9 \cdot 10^{-2}$ ;
- для ламп типу ДРТ:  $A_1=0,2$ ;  $A_2=2,3 \cdot 10^{-2}$ .

Коефіцієнт  $A_3$  враховує вплив на комах зовнішніх джерел світла. Для ночі цей коефіцієнт дорівнює:  $A_3=3,658 \cdot 10^{-3}$ .

Коефіцієнт  $\frac{m}{\theta^2}$  є характеристикою зорового апарату комах і не залежить від параметрів джерел світлового аттрактанта і фону. Його величина, на підставі робіт [6,7] рівна  $5,92 \cdot 10^{-2}$ .

Таким чином розрахункові співвідношення показують, що комах-шкідники в садах можуть притягуватися оптичними аттрактантами на відстані до 100 м.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А. Д. Черенков. Обоснование электромагнитного импульсного метода уничтожения насекомых-вредителей в садах / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина, В. Н. Дубик // Энергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. - 2016. - № 2. - С. 44-48.
2. Дубик В. Н. Биофизическое обоснование по применению электромагнитного излучения для уничтожения вредителей урожая садовых культур / Дубик В.Н., Михайлова Л.Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – НТУ «ХПІ». – 2013. №70 (1043). – С. 181-194.
3. Дубик В. Н. Захист садів від комах-шкідників електрофізичними установками / В. Н. Дубик, І. Й. Гордийчук // Вісник Львівського національного аграрного університету. - 2011. - Вип. 14 - С. 195 - 201.
4. Дубік В. Н. Захист плодівих культур від комах-шкідників/ В. Н. Дубік // Вісник національного технічного університету «ХПІ». - 2011. - № 12 - С. 121 - 129.
5. Дубік В. Н. Обґрунтування оптичних аттрактантів для залучення нічних комах в саду / Дубік В. Н. // Енергозбереження, енергетика, енергоаудит. Загальнодержавний науково-виробничий інформаційний журнал. - 2010. - № 12(82). - С. 55 - 61.
6. Дубік В. М. «Системи електрофізичного захисту садів від комах-шкідників» / Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Аграрна наука та освіта Поділля», 15-17 березня 2016 року.
7. Дубік В. М. Дослідження дії оптичного випромінювання на нічних комах-шкідників / Дубік В.М., Потапський П.В., Козак О.В. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 листопада 2014р. // ПДАТУ- Кам'янець - Подільський: Видавничий дім «Гельветика», 2014.-Ч.2-248с.



## РОЗРОБКА МЕТОДА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНИЖЕННЯ АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

Дудка Д. О., магістр, e-mail: [d.o.dudka@student.khai.edu](mailto:d.o.dudka@student.khai.edu)

Висоцька О. В., д.т.н., проф., e-mail: [evisotska@ukr.net](mailto:evisotska@ukr.net)

Порван А. П., к.т.н., доц., e-mail: [a.porvan@khai.edu](mailto:a.porvan@khai.edu)

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

**Актуальність дослідження.** Загальновідомо, що пристосувальні процеси в організмі людини пов'язані з різними функціональними системами, найбільше з серцево-судинною, тому слугують маркерами фізичного здоров'я [1]. Перенапруження систем регуляції може призвести до зриву адаптації з неадекватним функціонуванням серця і судин, порушення гомеостазу, появи різних патологічних синдромів і захворювань [2].

Пристосувальні реакції серцево-судинної системи (ССС) забезпечують відповідність між рівнем функціонування, метаболічним та його транспортним забезпеченням. Адаптація до стресу призводить до збільшення резистентності ізольованого серця не тільки до реперфузійного парадоксу, а й до токсичних концентрацій катехоламінів або  $Ca_2^+$ , а також підвищує стійкість основних органел міокарда – елементів саркоплазматичногоретикулуму, мітохондрій та ядер до протеолізу. Цей комплекс змін позначений як феномен адаптаційної стабілізації структур і є найімовірнішою основою кардіопротекторного ефекту адаптації до стресу. Щоб вирішити проблеми збереження та укріплення здоров'я населення, треба проводити комплексне обстеження, оцінювати рівень функціонування систем організму, а передусім серцево-судинної, оскільки пристосувальні процеси в організмі людини пов'язані насамперед із цією системою. Це допоможе удосконалити існуючі та шукати нові методи оптимізації функціонального стану, збереження здоров'я і майбутнього професійного довголіття населення [3]. Робота, яка спрямована на розробку нового метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи, є актуальною науково-технічною задачею.

**Метою досліджень** є розробка метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.

**Основні матеріали досліджень.** Метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини базується на математичній моделі визначення ймовірності зниження адаптаційного потенціалу ССС пацієнта. Розробку даної математичної моделі виконано за даними хворих із зривом механізмів адаптації, пацієнтів із незадовільною адаптацією, а також умовно здорових людей із задовільною адаптацією на основі анкетних даних (діагностичних тестів), що надані експертами, та формули Байєса (рис. 1).

Під час експериментальної перевірки розробленого методу попередньо розроблену анкету було надано 5 експертам-лікарям, які за 10-та бальною шкалою оцінили запитання анкети на можливість оцінки ризику зниження адаптаційного потенціалу ССС. Узгодженість думок експертів за коефіцієнтом конкордації Кандела склала 0,728. Після того, як запитання, що входять до анкети були узгоджені з експертами, сформована анкета надавалась пацієнтам. Результати анкетування оброблялись після чого розраховувалась імовірність одного з двох станів: задовільний адаптаційний потенціал чи зміна адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. Якщо було виявлено стан «зміна адаптаційних механізмів», додатково розраховувалась імовірність незадовільної адаптації чи зриву адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. Результати класифікації станів пацієнтів із застосуванням розробленого методу наведено у табл. 1.3 представленої в таблиці інформації можна зробити висновок, що із загальної кількості пацієнтів, у яких спостерігалось зниження адаптаційного потенціалу ССС, входило 36 осіб, у 31-го пацієнта за допомогою запропонованого метода правильно було визначено їх стан, а 3-м пацієнтам помилково визначили задовільний стан адаптації серцево-судинної системи. Правильність тесту склала 91,2%.



Рис. 1 – Структурна схема метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини

Таблиця 1 – Результати класифікації стану досліджуваних

Спостережувані групи	Прогнозовані результати (кількість людей)		Процент коректно передбачених відповідей, %
	Зміна адаптаційних механізмів серцево-судинної системи	Задовільна адаптація	
Зміна адаптаційних механізмів серцево-судинної системи	31	3	91,2
Задовільна адаптація	3	43	93,4

Уіншій групі пацієнтів, у яких не було визначено змін адаптаційного потенціалу за допомогою інструментальних методів дослідження і до якої ввійшли 46 осіб, правильність визначення зниження адаптаційного потенціалу склала 43 випадка, а помилково класифіковані – 3. Правильність тесту склала 93,4%.

Таким чином, правильно було розпізнано 74 з 80 випадків, що відповідає 92,5%.

**Висновок.** Вперше розроблено метод прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини, що базується на методах експертного оцінювання та Байєса і дозволяє запобігти негативних наслідків, до яких може призвести зрив адаптаційних механізмів серцево-судинної системи.

Впровадження результатів роботи дозволить забезпечити підтримку прийняття рішення лікаря під час визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи та запобігти зриву процесів адаптації та своєчасно призначати лікувально-профілактичні заходи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Glazkov E. O. Adaptation abilities of cardio-vascular system of the students body in the process of study in the high school in adaptation to the educational process. *Bukovyns'kyjmedychnyjvisnyk*. 2013. Т. 17, 2 (66), 25–28.
2. Волошин О. С. Особливості функціонального стану організму осіб юнацького віку з різним резервом працездатності серця. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2020. № 2. С. 70–76.
3. Nampewo, Z., Mike, J.H. & Wolff, J. Respecting, protecting and fulfilling the hum an rightto health. *Int. J. EquityHealth*. 2022, p. 21-36. <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01634-3>.

БАТ – ЯК ІНСТРУМЕНТ КЕРУВАННЯ БІОХІМІЧНИМИ  
І ФІЗІОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ТВАРИН

Дьоміна Т. О., аспірант, e-mail: [t.dyomina241@gmail.com](mailto:t.dyomina241@gmail.com)  
Лисиченко М. Л. д.т.н., проф., e-mail: [1prlysychenko@ukr.net](mailto:1prlysychenko@ukr.net)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Основним напрямом розвитку галузі тваринництва в Україні є створення конкуренто-спроможного виробництва, що забезпечує державні потреби та можливість експорту продукції тваринництва [1]. Необхідна модернізація технології виробництва, застосування нових методів та нових інструментів керування біохімічними і фізіологічними процесами тварин. Відповідно до теорії щодо впливу на організм людини існують дванадцять меридіанів, які з'єднують кишечник, нутрощі, кінцівки, поверхневі органи та тканини, роблячи тіло неорганічним цілим. Таким чином, функції внутрішніх органів можна визначити через акупунктуру на відповідних меридіанах. Вісцеральні аномалії або захворювання відображаються як вимірювані зміни в біоелектричному струмі [2]. Здорове тіло часто демонструє хорошу провідність тепла або електричної енергії [3]. Зокрема, акупунктурні точки на меридіанах можуть мати менший електричний опір для кращого з'єднання. Енергетику акупунктури можна пояснити з точки зору біокібернетики, як системну регуляцію зі зворотним зв'язком і механізмами контролю через електричні потенціали в точках акупунктури [4].

Своєрідними маркерами рефлекторної та загальної вегетативної реакції є біологічно активні точки (БАТ), однак їх особлива будова, зв'язок з нервово-гуморальною регуляцією в організмі залишаються до кінця недостатньо вивченими, так експериментальні дослідження підтверджує наявність БАТ, як морфологічного суб'єкта. Стимуляція БАТ може викликати парасимпатоміметичні або симпатоміметичні реакції в еферентних органах. Зміни біохімічних показників, викликані стимуляцією БАТ, мають особливий нейрохімічний характер за певних функціональних умов але все наведене є абсолютно суперечливими [5], як і біофізична реальність точки акупунктури, БАТ.

**Мета дослідження.** Обґрунтування використання БАТ, як інструмента керування біохімічними і фізіологічними процесами в організмі тварин.

**Основні матеріали досліджень.** Існують розбіжності щодо розташування та назви БАТ між різними вченими, що ускладнює спілкування між лікарями, ветеринарами, і це не єдина складність на шляху до визнання ветеринарної акупунктури, як справжньої клінічної науки. Мости, які будуються між медициною та ветеринарією, дозволяють перенести цінності трансляційної медицини і на організм тварин [6]. Можливо, так звана, «Єдина медицини» могла усунути фрагментацію, яка штучно розділяє лікарів і ветеринарів. Така перспектива з більшою ймовірністю дозволить визначити та обмежити ризиковані методи, наприклад існує метод імплантації золотих кульок [7]. Так, за зразком японської голки ті, хто практикує імплантацію золотих кульок, вбудовують десятки, сотні чи тисячі металевих фрагментів у тканини та навколо суглобів. Оригінальна техніка передбачала відсікання акупунктурних голок на рівні шкіри для забезпечення «постійної акупунктури». У середині 20 сторіччя ветеринарна акупунктура в Північній Америці вирішили модифікувати техніку і помістити невеликі шматочки золотого дроту глибоко в тканини через довгу спінальну голку. Вони перейменували процедуру в терапію золотим бісером і тепер ветеринари можуть частіше імплантувати стерильні або нестерильні «намистини» з нержавіючої сталі та позолочені магніти.

Однак, існують ряд досліджень, які попереджають про шкідливість присутності в шкіряному покриві голки. Деякі вчені заявляють що незважаючи на те, що такі японські методи, пов'язані з постійним утриманням голки, не навчаються та не практикуються на

Заході, вони значною мірою сприяли несприятливому розголосу про несприятливий вплив на організм людини. Так, з 1976 р. Японська асоціація акупунктури та припікання (JAMA) заборонила цю практику [8]. Потенційна небезпека, пов'язана з розміщенням у пацієнта непоправних металевих фрагментів, велика. Імпланти можуть мігрувати в спинний мозок, черевну порожнину, серце, шлунок, печінку, молочну залозу, мозок, сечовий міхур, нирки та товсту кишку. Видалення імплантів становить ризик і травмує тканини. В залежності від металевої підкладки імпланти можуть активувати тучні клітини, викликати запалення, спричиняти аргірію та призводити до контактного дерматиту чи мієлотоксичності, спричиненої золотом. Вбудовані металеві об'єкти можуть заважати діагностичній візуалізації, приховуючи діагнози та витрачаючи ресурси на зображення, навантажені артефактами. Якби ветеринарна акупунктурна спільнота навчилася на помилках японських БАТ-фахівців, незліченна кількість ветеринарних пацієнтів могла б бути врятована від наслідків міграції металу та пошкоджень тканин.

З іншого боку, здатність сучасної медицини визначити, як працює акупунктура, значно перевершує все, що могли собі уявити стародавні китайські лікарі. Завдяки фізіологічним дослідженням і проникливим спостереженням незліченні соматосоматичні, соматовісцеральні та соматовегетативні рефлекси були відкриті з 1970-х років, коли дослідження БАТ в Європі почалися поступово досліджуватись та використовуватись на практиці. Вказані рефлекси з'являються через активацію периферичних нервів поблизу акупунктурних точок. В свою чергу нервові закінчення можуть передавати сенсорні, моторні або вегетативні сигнали. Крім того, нейромодуляція, тобто нормалізація нервової функції та сприяння гомеостазу та анальгезії, пояснює майже всі ефекти, які є результатом застосування методу акупунктури. Надійна нейромодуляція між видами вимагає подібної нервової активації, яка, у свою чергу, є результатом узгодженості параметрів розташування БАТ [9].

**Висновок.** Перехід до нейроанатомічно точної системи впливу на БАТ вимагає переосмислення існуючих атласів БАТ їх системного аналізу та розширити трансляційне дослідження, яке вивчатиме фізіологічні результати, що спостерігаються після обробки різного види фізичних факторів в тому числі і електромагнітним випромінюванням.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / за ред. акад. НААН М. І. Бащенко – К.: Аграр. Наука, 2017. – 160 с.
2. Современные аспекты лазерной терапии / Под ред. В.Д. Попова – Черкассы: Вертикаль, издатель Кандыч С. Г., 2011. – 609 с.
3. Lee, J. T. ; Connor-Appleton, S. ; Bailey, C. A. ; Cartwright, A. L. Effects of guar meal by-product with and without beta-mannanase hemicell on broiler performance. *Poult. Sci.*, 2005. 84 (8): P. 1261-1267.
4. Gonzalez-Correa C. A. , Brown B. H., Smallwood R. H., Kalia N., Stoddard C.J., Antioxidant effects of a single dose of acetylsalicylic acid and salicylic acid in rat brain slices subjected to oxygen-glucose deprivation in relation with its antiplatelet effect // *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2004. 10 (3), 573-579
5. Takayama S.; Seki T.; Nakazawa T.; Aizawa N.; Takahashi S.; Watanabe M.; Izumi M.; Kaneko S.; Kamiya, T.; Matsuda, A.; et al. Short-term effects of acupuncture on open-angle glaucoma in retrobulbar circulation: additional therapy to standard medication. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2011.
6. Atlas R. M. One health: Its origins and future. *Curr. Top. Microbiol. Immunol*, 2012. 211 p.
7. Mayo E. Acupuncture and wound healing. *AJTCVM* 2012, 7, 45–51.
8. Von Riedenauer W. B.; Baker M. K.; Brewer R. J. Video-assisted thorascopic removal of migratory acupuncture needle causing pneumothorax. *Chest* 2007, 131, P. 899–901.
9. Robinson N. G. *Interactive Medical Acupuncture Anatomy* // Teton NewMedia: Jackson, WY, USA, 2013. 127 p.

## ФОРМУВАННЯ ЦЕНТРІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ КИСЛОМОЛОЧНИХ БАКТЕРІЙ

Жила В. І., к.т.н., доц., e-mail: [viz.10@ukr.net](mailto:viz.10@ukr.net)

Лисиченко М. Л. д.т.н., проф., e-mail: [1prlysychenko@ukr.net](mailto:1prlysychenko@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Питання енергозбереження в будь якій галузі економіки є завжди актуальним, однак для підприємств, які займаються переробкою молока це особливо важливо з огляду на те, що виробництво молокопродуктів намагаються розмістити ближче до сировини. Агрофірми розташовані на значній відстані одна від одної і обмежені в потужності електропостачання на окремих територіях, що теж необхідно враховувати при реконструкції і модернізації виробництва. Розробка інноваційних енергозберігаючих технологій при виробництві молочних продуктів харчування може сприяти як розвитку молочного скотарства, так і створення умов цілорічного функціонування виробництва, що забезпечить підтримку соціальної стабільності в окремих територіальних громадах за рахунок постійної зайнятості населення.

За останні 20 років динаміка виробництва молока за категоріями господарств свідчить про суттєве скорочення об'ємів валового виробництва більше ніж у двічі. Причому деструктивні перетворення в галузі молочного скотарства негативно вплинули не лише на обсяги виробництва, але, що важливо, на рівень споживання молока та продуктів його переробки населенням. Наприклад у 1990 р., споживання на одну особу за цими видами продукції тваринництва було забезпечено практично на 100 % фізіологічної норми, тобто 380 кг, а в 2016 р. знизилось до 55 % і склало 210 кг, то нині, економічний потенціал молочної галузі взагалі не використовується і на 50 %. Цільовою Державною програмою розвитку передбачається довести в 2030 р. валове виробництво молока до 15,3 млн т, що в свою чергу вимагає і від переробної галузі нарощувати відповідні об'єми виробництва [1].

**Мета дослідження.** Розробка інноваційних, екологічно чистих, енергозберігаючих технологій активізації розвитку кисломолочних продуктів харчування.

**Основні матеріали досліджень.** Останнім часом для активізації життєдіяльності біологічних об'єктів різного рівня організації, від клітини до цілісного організму, все більше знаходять лазерні технології. Завдяки специфічним властивостям лазерного випромінювання (монохроматичність, когерентність, висока щільність потужності випромінювання тощо) можна змінювати швидкість протікання біохімічних та фізіологічних процесів. Однак, при цьому необхідно враховувати той факт, що лазерну обробку проводять індивідуально та адресно з урахуванням оптичних характеристик об'єкту впливу і технологічність застосування в промисловому виробництві [2].

На основі розробленої математичної моделі впливу лазерного випромінювання на колонії кисломолочних бактерій у молочному середовищі, були проведені розрахунки параметрів процесу лазерної обробки. Аналіз технології виробництва кефірів та йогуртів дозволив сформулювати технічні умови до пристрою для лазерної обробки молочної суміші в потоці, щоб не порушувати технологічний процес та не змінювати серійно виготовлені комплекси обладнання з виробництва кисломолочних продуктів [3].

Для визначення кількості колоній бактерій та оцінки ефективності дії лазерного випромінювання, на кожному етапі технологічного процесу отримання кисломолочних продуктів використовували метод інтерференційної мікроскопії. Так, використання інтерференційного мікроскопу MPI-5 дозволяє спостерігати та оцінювати не тільки кількість колоній бактерій, а і визначати якісні показники клітин: розміри, кількість сухої речовини, білків, тощо. Причому, при спостереженні клітин бактерій додатково утворюється диференційний інтерференційний контраст, завдяки якому при збільшенні у 200-1000 разів в інтерференційному сірому змінюється жовто-коричневий або голубий колір. Це покращує контрастність у разі роздвоєння зображення клітин в однорідному інтерференційному полі за

методом Плюте-Номарського. На рис. 1 спостерігається скупчення *Propionibacterium* у пробі навколо явно виділених центрів. Проведені експериментальні дослідження діючого макетного зразка приладу показали ефективність запропонованого способу лазерної активізації життєдіяльності кисломолочних бактерій. Причому виявилось, що найбільш ефективною є обробка молочної суміші (молока й закваски) лазерним випромінюванням із довжиною хвилі 405 нм. У порівнянні з обробкою хвилями 552 нм і 630 нм кількість колоній бактерій відрізняється відповідно у 3 і 4 рази. Статична обробка результатів експериментів із дослідження процесу кисломолочного бродіння після лазерної обробки показало зростання числа бактерій у пробах кефіру та йогурту (рис. 1). На початку процесу зростання колоній бактерій відбувається за експоненціальним законом залежно від терміну інкубації, а на етапі відмирання бактерій при вичерпуванні субстрату і високої кислотності рідини, число бактерій зменшується за логарифмічним законом.

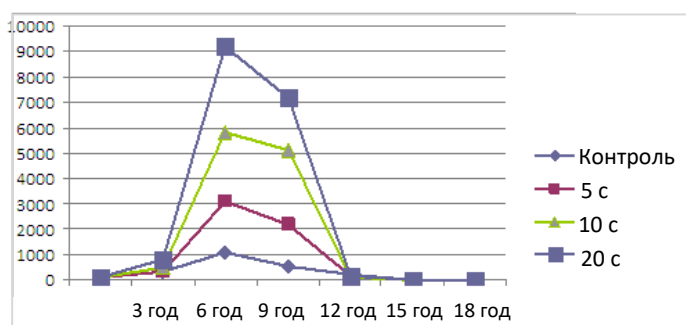


Рис. 1 – Динаміка зміни концентрації кисломолочних бактерій після обробки лазерним променем (50 мВт, 405 нм)

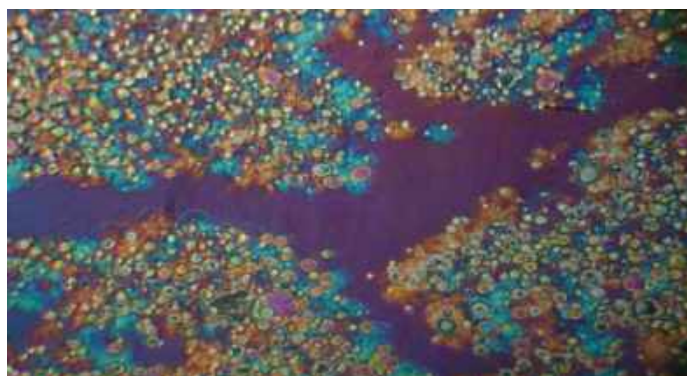


Рис. 2 – Формування центрів концентрації кисломолочних бактерій після лазерної обробки молочної суміші (молоко і закваска)

**Висновок.** Обробка лазерним променем з довжиною хвилі 405 нм здійснює стимулюючу дію на кисломолочні бактерії, що прискорює швидкість поділу клітин та утворення колоній на початковому етапі фази експоненціального росту. Крім того, запропонована лазерна технологія сприяє формуванню центрів концентрації колоній кисломолочних бактерій, що значно пришвидшує весь процес приготування продукту.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / за ред. акад. НААН М. І. Баценка – К.: Аграр. Наука, 2017. – 160 с.
2. Современные аспекты лазерной терапии / Под ред. В. Д. Попова – Черкассы: Вертикаль, издатель Кандыч С. Г., 2011. – 609 с.
3. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини / Під ред. Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарської – Х.: Факт, 2017. – 380 с.

ПРО ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО СТВОРЕННЮ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ КОМПЛЕКСІВ  
ТЕРАПЕВТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Кіпенський А. В., д.т.н., проф., e-mail: [kavkpi@ukr.net](mailto:kavkpi@ukr.net)

Куліченко В. В., к.т.н., дец., e-mail: [Viacheslav.Kulichenko@khp.edu.ua](mailto:Viacheslav.Kulichenko@khp.edu.ua)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Вже протягом тисячоліть відомо про застосування з лікувальною метою різноманітних факторів фізичної природи. За цей час методи їх використання істотно розвинулися, але ідеологія лікування, в основному, залишається без змін. Вплив фізичними факторами здійснюється за призначенням лікаря без урахування реакції органів і тканин, яка виникає протягом процедури. Виходом з цього положення є створення інтелектуальних програмно-апаратних комплексів та систем терапевтичного призначення, які саме й дозволяють корегувати параметри впливу по результатах зміни фізіологічних показників людини, яка підлягає лікувальному впливу фізичних факторів [1].

Очевидно, що для реалізації та ефективного використання подібних комплексів необхідне вирішення трьох основних завдань:

- обґрунтований вибір фізіологічного показника (сукупності показників), який найбільш адекватно реагує на зовнішній вплив преформованими факторами фізичної природи та визначення можливостей його (їх) виміру з допустимою похибкою;
- встановлення зв'язків та математичних залежностей між обраними фізіологічними показниками та впливаючими факторами фізичної природи, які б дозволяли змінювати параметри впливу для забезпечення найбільшої ефективності фізіотерапевтичної процедури;
- формування параметрів впливу фізичними факторами у суворій відповідності до управляючого впливу, тобто з урахуванням завдання та сигналів зворотних зв'язків, включаючи біологічні зворотні зв'язки (режим повного біоуправління).

**Метою досліджень** є аналіз перспективних напрямів та формулювання рекомендацій по створенню інтелектуальних програмно-апаратних комплексів терапевтичного призначення, здатних здійснювати лікувальну дію у режимі повного біоуправління.

**Основні матеріали досліджень.** При розробці інтелектуальних програмно-апаратних комплексів для терапевтичного впливу факторами фізичної природи, перш за все, слід мати на увазі, що в них можуть бути виділені дві основні складові: *інформаційна частина* та *енергетична частина*. При цьому основним завданням інформаційної частини є отримання достовірної інформації про стан пацієнта, передача отриманої інформації найбільш раціональним способом та її обробка, а також управління енергетичною частиною. Основним завданням енергетичної частини є формування впливу факторів різної фізичної природи для нормалізації стану пацієнта.

Найбільш перспективним напрямом при створенні інтелектуальних апаратних комплексів для фізіотерапії є *комплексний підхід* до розробки виробу з використанням мікропроцесорної техніки для реалізації інформаційної частини, яка на основі загального алгоритму дозволить здійснювати збір інформації, її обробку, подання та керування енергетичною частиною з урахуванням усіх сигналів зворотного зв'язку, включаючи біологічні.

Пропозиції щодо реалізації комплексного підходу сформулюємо, аналізуючи структуру інтелектуального програмно-апаратного терапевтичного комплексу, наведеного на рис. 1. У представленому комплексі енергетична частина містить систему електроживлення (СЕЖ), генераторний модуль (ГМ) та модуль енергетичного впливу (МЕВ). Інформаційна частина складається з мікропроцесорного модуля (МПМ) та модуля знімання інформації (МЗІ) про значення та зміни фізіологічних показників (ФП).

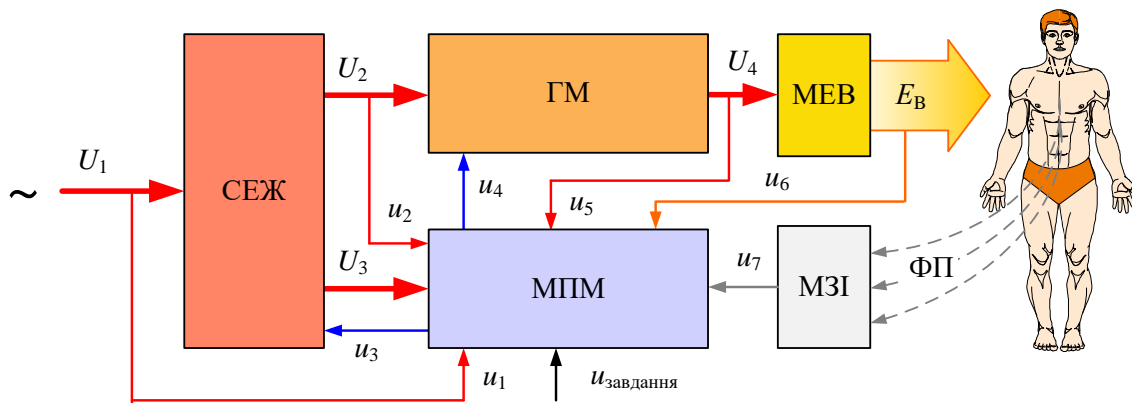


Рис. 1 – Структурна схема інтелектуального програмно-апаратного терапевтичного комплексу

Напруга живлення  $U_1$  зазвичай надходить до комплексу із мережі змінної напруги загального призначення. У СЕЖ змінну напругу мережі випрямляють, фільтрують і перетворюють на постійні напруги з рівнями  $U_2$  та  $U_3$ , перша з яких слугує для електроживлення генераторного модуля, а друга – мікропроцесорного модуля. Регулювання та стабілізація напруги  $U_2$  здійснюється підуправляючим впливом  $u_3$  МПМ з урахуванням завдання та сигналів зворотних зв'язків по входному збуренню  $u_1$  та відхиленню  $u_2$ , що дозволяє виключити вплив змін напруги мережі живлення та опору навантаження на вихідну напругу  $U_2$  СЕЖ. Для живлення МПМ (напруга  $U_3$ ), як правило, достатньо стандартного джерела вторинного електроживлення відповідної потужності.

До складу генераторного модуля слід включити генератори сигналів з необхідною формою вихідної напруги, модулятори та підсилювачі (атенюатори). Управління всіма цими блоками здійснює МПМ (сигнал  $u_4$ ) з урахуванням завдання та сигналів зворотних зв'язків за вихідною напругою або струмом (сигнал  $u_5$ ), інтенсивністю впливу (сигнал  $u_6$ ) і за фізіологічними показниками (сигнал  $u_7$ ). В результаті цього на виході ГМ формується напруга  $U_4$  для електроживлення модуля енергетичного впливу, де електрична енергія безпосередньо перетворюється на інші види енергії  $E_B$ , яка призначена для терапевтичного впливу на людину.

На модуль знімання інформації слід покласти завдання перетворення фізіологічних показників спочатку на електричний сигнал, а потім й у вигляді, зручний для подальшої передачі та обробки в МПМ. Сам МПМ, при необхідності, може бути виконаний мультимікропроцесорним з поділом завдань з обробки сигналів зворотних зв'язків та формування управляючих впливів. Обов'язковою для МПМ є наявність дисплея, клавіатури та можливості підключення до персонального комп'ютера. Останнє дозволить вести облік відпущених процедур, а також фіксувати реакцію організму на відповідний вплив.

**Висновок.** Комплексний підхід при створенні інтелектуальних програмно-апаратних фізіотерапевтичних комплексів забезпечує їхні широкі функціональні можливості, що дозволяють удосконалювати медичний технологічний процес; полегшує процес експлуатації під час проведення лікувальних процедур; дозволяє отримувати достовірну інформацію про стан пацієнта під час проведення процедур та суворо дозувати параметри впливу; допускає можливість модернізації без зміни апаратної частини, лише за рахунок вдосконалення програмно-математичного забезпечення.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A.V. Kipenskiy, V.N. Shamardsna, Ye.I. Korol, N.V. Babkova. From Luigi Galvani's experiences to intelligent electrotherapeutic systems / Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph / Beresjuk O., Lemeschew M., Stadnijschuk M., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. – p. 316–340.



## АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ШКІДНИКІВ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

Козак О. В., к.т.н., доц., e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет

**Актуальність дослідження.** В теперішній час втрати від шкідників оцінюються в 29,7 млрд. дол., або 13,8% від потенційного урожаю щорічно. В садах України для знищення ґрунтових комах застосовують тільки хімічні препарати. Застосування хімічних препаратів викликає збіднення біоценозу, забруднення біосфери, появу стійких до пестицидів шкідників, підвищення плодючості окремих комах, хрущів та ін. Хімічні препарати, потрапляючи в організм людини через фрукти і ягоди, знижують імунітет, вражають печінку і інші органи, що призводить до різних захворювань, раннього старіння.

Наукові і практичні дослідження останніх років показують, що альтернативою хімічному методу захисту рослин може бути метод на основі екологічно безпечної і ефективної імпульсної електромагнітної (ЕМ) технології.

**Метою дослідження** є створення енергозберігаючої, екологічно чистої і ефективної радіоімпульсної ЕМ біотехнології і електронної системи імпульсної ЕМ енергії для знищення комах-шкідників кореневої системи плодкових культур.

**Основні матеріали досліджень.** З аналізу літературних джерел виходить, що врожайність плодово-ягідних культур залежить від стану кореневої системи дерев.

На стан кореневої системи плодово-ягідних культур великий вплив мають комахи-шкідники: личинки хрущів, щелкунів, дротяників, чернотілок та ін.

В розплідниках пошкодження плодкових сіянців і саджанців яблуні, груші, сливи, черешні, вишні складає від 30 до 45%. Дротянки і псевдодротянки при зараженні ґрунту 4...6 шт. на 1 м<sup>2</sup> можуть пошкодити до 30% висіяного насіння плодкових культур (яблуні, груші), а також причинити суттєві пошкодження молодим плодковим сіянцям.

Крім того ґрунтові комахи, пошкоджуючи і проникаючи в кореневу систему саджанців, викликають грибкові і інфекційні захворювання кореневої системи.

В теперішній час, незважаючи на ефективні засоби захисту (хімічні препарати), негативна роль комах ще дуже велика.

Найбільш небезпечним шкідником кореневої системи є хрущі, розвиток яєць, личинок і кукол як їх здійснюється тільки у ґрунті.

Багато експериментів зі знищення шкідників ЕМП показують, що для знищення комах в ґрунті можна застосовувати імпульсні ЕМВ як альтернативу хімічному методу.

Практичні результати показують, що ЕМ енергія може змінювати метаболічні і біосинтетичні процеси в клітинах і при визначених параметрах імпульсного ЕМП (частота слідування імпульсів, шпаруватість, потужність, експозиція) може порушувати мембрани кліткових структур комах у ґрунті.

Застосування імпульсної ЕМ біотехнології для знищення комах в ґрунті не можливе без створення малогабаритного багатодіодного генератора з низькою величиною напруги джерела живлення і системи випромінювання ЕМ енергії необхідних рівнів імпульсної потужності в багатодіодних генераторах можливе на основі підсумовування потужностей в єдиній електродинамічній системі.

Нині найбільш потужними імпульсними напівпровідниковими джерелами НВЧ діапазону являються арсенід-галієві лавино-пролітні діоди (*GaAs* ЛПД). Вибір в якості активного елемента ЛПД визначається тим, що при його використанні реалізуються найбільші рівні імпульсної потужності, близько 60 Вт в 3-х СМ діапазоні при  $Q \geq 50 \dots 1000$  і  $\tau_i < 0,2$  мкс. Ці рівні потужності вище чим у діодів Ганна і приблизно на порядок вище чим у найбільш ефективних транзисторів НЕМТ, рНЕМТ (рис. 1) [1, 2].

Для ГЛПД в імпульсному режимі доцільний режим коротких імпульсів струму живлення, оскільки ЛПД характеризуються малою величиною теплової тимчасовою постійною і швидко розігріваються. Короточасне розігрівання діода від температури довкілля до температури 300...550 К призводить до різкої температурної залежності імпедансу діода і викликає зміщення генерованої частоти імпульсного генератора і невеликі (близько 1 дБ) зміни його вихідної потужності.

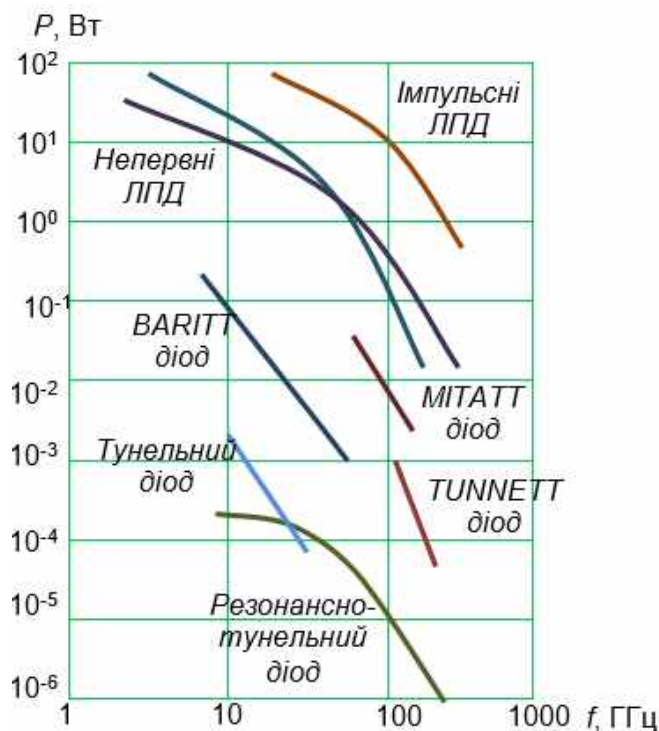


Рис. 1 – Частотні і енергетичні характеристики напівпровідникових діодів

**Висновок.** Таким чином, при суміщенні методів каскадного підсумовування діодів в єдиній резонаторній системі з методами підсумовування в розгалужених системах рішення актуальна задача підвищення рівня потужностей, надійності і стійкості імпульсних напівпровідникових генераторів НВЧ діапазону.

Необхідно також відмітити, що існуючі антенні системи для наших цілей не підходять із-за значних геометричних розмірів і ваги. Тому розробка антен з меншими розмірами і вагою можлива при проведенні необхідних теоретичних і експериментальних дослідженнях.

Проведений аналіз показує, що в багатьох роботах відсутній аналітичний аналіз щодо застосування радіо-імпульсного ЕМП для знищення комах у ґрунті. Відсутня методологія визначення чисельних значень біотропних параметрів радіо-імпульсного ЕМП, які здатні знищити комах у ґрунті, відсутні необхідні багатодіодні імпульсні генератори в СМ діапазоні довжин хвиль з вихідною потужністю 1,5...2 кВт.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козак А. В. Аналіз енергетических характеристик многодиодного генератора на лавинно-пролётных диодах / А. В. Козак, А. В. Архипов // Вестник национального технического университета «ХПИ». Сборник научных работ. Проблемы усовершенствования электрических машин и аппаратов. – 2011. – № 48. – С. 105 – 110.

2. Козак О. В. Аналіз методів знищення біологічних шкідників кореневої системи саджанців плодкових дерев / О. В. Козак, Н. Г. Косуліна, О. М. Мороз // Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2010. – № 10 (92). – С. 68–72.

**ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ  
В МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ТОМОГРАФІЇ**  
Косуліна Н. Г., д.т.н., проф. e-mail: [kosnatgen@ukr.net](mailto:kosnatgen@ukr.net)  
Гарбуз А. І., магістр, e-mail: [anna7.22ppk@gmail.com](mailto:anna7.22ppk@gmail.com)  
Даньшов М. С., магістр, e-mail: [urpleportvine@gmail.com](mailto:urpleportvine@gmail.com)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність.** Основними елементами конструкції магнітно-резонансної томографії (МРТ) апаратів є: постійний магніт; градієнтно-коригуючий модуль (ГКМ); радіочастотні (РЧ) котушки; попередній підсилювач; джерело живлення; радіочастотний передавач; блок фільтрації.

Під час роботи томографа генерується магнітне поле, яке безпосередньо впливає на тканини людського організму. Залежно від потужності обладнання створює навколо пацієнта магнітне поле. Існує три види магнітів для МРТ: резистивні, постійні та надпровідні. Томографи з полем до 0,3 Тл найчастіше мають резистивні чи постійні магніти, вище 3,0 Тл – надпровідні. Оптимальна напруженість магнітного поля є предметом дискусій серед фахівців. Необхідність сильних магнітних полів у томографії стали ставити під сумнів.

Технічний розвиток призвів до того, що якість зображення томографа зі слабкими та середніми полями стала не гірше, а іноді й краще, ніж у сильних полях. Додаткові дослідження показали, що найбільш важливий для медичної томографії є факторконтрастності тканин в середніх магнітних полях, злегка спадаючи потім зі збільшенням магнітного поля [1, 2].

**Мета роботи** є дослідження магнітного поля в формуванні візуалізації біологічних тканин.

**Основний матеріал дослідження.** Томографічна установка налаштована на взаємодію з ядрами водню, що входять до складу формули води, яка присутня у тканинах нашого організму. Ядра в атомах води власними силами є маленькими магнітиком. Вони мають спин і власний обертальний момент:

Власний момент імпульсу  $p$ :

$$p = \sqrt{I(I+1)} \frac{\hbar}{2\pi},$$

де  $I$  – спин;  $\hbar$  – постійна Планка.

Магнітний момент:

$$\mu = \gamma p,$$

де  $\gamma$  – гіромагнітне відношення.

У ході томографії ядра в атомах води змушені взаємодіяти із магнітним полем томографа. При накладенні зовнішнього магнітного поля більшість ядер водню займають становище з мінімальною енергією, тобто повертаються вздовж поля. Якщо на ядра впливати електромагнітним імпульсом певної чистоти, то імпульс поглинається і ядра повертаються на 180 градусів, при цьому переходячи в стан з більшою енергією:

$$E = -\frac{m\hbar}{2\pi} \gamma B_0,$$

де  $m_i$  – проекція вектору  $\mu$  на лінії напруженості магнітного поля.

$$\text{Для } m_1 = +1/2: E_1 = -\frac{\hbar}{4\pi} \gamma B_0, \text{ для } m_1 = -1/2: E_1 = \frac{\hbar}{4\pi} \gamma B_0. \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{\hbar}{2\pi} \gamma B_0.$$

Але через деякий час вони повертаються у свій вихідний стан, а ось надлишок енергії випромінюється у вигляді електромагнітної хвилі. Ці хвилі ловить МРТ апарат, як звичайне радіо ловить радіосигнали. У тканинах біологічного об'єкту вміст води, а отже, і ядер водню, різний. За інтенсивністю відгуку можна зрозуміти, як багато ядер водню у зразку. Відповідно, саме це дає можливість на зображенні диференціювати різні органи. Деякі тканини, де мало води, будуть світлішими (наприклад, кістки), деякі будуть темнішими (наприклад, м'язи). В них атомів водню більше. Ці чорно-білі контрасти формують об'ємну анатомічну картину досліджуваної частини тіла.

Резонансна частота поглинання залежить від напруги поля. Але якщо воно скрізь буде однаковим, то поглинання та випромінювання буде виходити звідусіль. Тоді томографічний апарат не зрозуміє, звідки йде сигнал, і пазлу МРТ-зображення не скластися в єдину картинку. Тому в конструкції томографа крім основного магніту використовують градієнтні поля. Їхнє завдання – додавати або віднімати власні поля з поля основного магніту, тим самим роблячи його неоднорідним. Завдяки цьому резонансне поглинання енергії відбувається не скрізь, а лише на обстежуваній ділянці. Змінюючи градієнтні поля оператор МРТ може змінювати місце сканування. Тобто усередині основного магніту розташовані градієнтні котушки. Градієнтні котушки дозволяють створювати додаткові магнітні поля, що накладаються на основне магнітне поле  $B_0$ :

$$\bar{B}_0 = \mu_0(\bar{H} + \bar{J}) = \mu_0\mu_r\bar{H} = \mu_a\bar{H}$$

де  $\mu_0$  – магнітна постійна, а  $\mu_a$  і  $\mu_r$  – абсолютна і відносна магнітні проникності;  
 $\text{div}\bar{B} = 0$  – принципу безперервності магнітного потоку.

Маємо 3 набори котушок. Кожен набір може створювати магнітне поле у певному напрямку:  $Z$ ,  $X$  або  $Y$ . Наприклад, коли струм надходить у  $Z$  градієнт, у  $Z$  напрямку (вздовж довгої осі тіла) створюється однорідна лінійна зміна поля. У центрі магніту поле має напруженість  $B_0$ , а резонансна частота дорівнює  $f$ , але на відстані  $Z$  поле змінюється на величину  $B$ , а відповідно змінюється і резонансна частота. За рахунок додавання до загального однорідного магнітного поля градієнтного магнітного збурення забезпечується локалізація ядерного магнітного сигналу. Дія градієнта, що забезпечує вибір зрізу, забезпечує селективне збудження протонів саме у потрібній області. Від потужності та швидкості дії котушок залежить швидкодія, відношення сигнал/шум, роздільної здатності томографа. Резонансні частоти котушки створюють поле  $B_1$ , яке повертає сумарну намагніченість в імпульсній послідовності. Вони також реєструють поперечну намагніченість, в той час, як вона процесує (вісь обертання змінює свій напрямок) в площині  $XY$ . РЧ котушки бувають трьох основних категорій: РЧ що передають і приймають, тільки приймають, тільки передають. РЧ котушки служать випромінювачами полів  $B_1$  і приймачами РЧ енергії від об'єкта, що досліджується. Коли пацієнт перебуває у однорідному магнітному полі  $B_0$ , всі протони від голови до пальців ніг вирівнюються вздовж  $B_0$ . Всі вони обертаються з частотою Ларморової:

$$f = \frac{\gamma}{2\pi}|B| \quad \text{або} \quad \omega = \gamma|B|,$$

де  $\gamma$  – гіромагнітне відношення,  $B$  – зовнішнє електромагнітне поле.

Гіромагнітне відношення – це головна різниця між усіма типами моментів імпульсів, які були розглянуті вище, але наступна формула дозволяє об'єднати всі типи:

$$\gamma = \frac{g\mu_B}{\hbar},$$

де  $g$  – фактор Ланде,  $\mu_B$  – магнетон Бора,  $\hbar$  – постійна Планка. Для електрона гіромагнітне відношення дорівнює 2,8 МГц

Ларморова частота протона в магнітному полі силою в 1 Тесла становить 42 МГц, тобто Ларморова частота знаходиться в діапазоні радіохвиль.

Якщо згенерувати радіочастотний імпульс збудження для переведення вектору намагніченості в площину  $X$ - $Y$ , всі протони реагують і виникає сигнал у відповідь, але локалізації джерела сигналу немає.

При включеному  $Z$ -градієнті в цьому напрямку генерується додаткове магнітне поле  $GZ$ , що накладається на  $B_0$ . Більше сильне поле означає вищу Ларморову частоту. Вздовж всього нахилу градієнта поле  $B$  різне і, отже, протони обертаються з різними частотами. Тепер, якщо згенерувати РЧ імпульс з частотою  $f + \Delta f$ , прореагують тільки протони в тонкому зрізі, тому що вони – єдині, що обертаються з цією ж частотою. Відповідь буде тільки від протонів з цього зрізу. Таким чином, локалізується джерело сигналу по осі  $Z$ . Протони в цьому зрізі обертаються з однією частотою і мають однакову фазу. У зрізі знаходиться безліч протонів, і невідома локалізація джерел по осях  $X$  і  $Y$ . Тому для точного визначення безпосереднього джерела сигналу потрібно подальше кодування.

Для подальшого кодування протонів на дуже короткий час включається градієнт  $GY$ . Протягом цього часу в напрямку осі  $Y$  створюється додаткове магнітне поле градієнта. У цьому випадку протони матимуть трохи різні швидкості обертання. Вони більше не обертаються у фазі. Різниця фаз накопичуватиметься. Коли градієнт  $GY$  вимкнений, протони в зрізі будуть обертатися з однаковою частотою, але мати різну фазу. Це називається кодуванням фази. Для кодування лівого правого напрямку включається третій градієнт  $GX$ . Протони з лівого боку обертаються з нижчою частотою, ніж із правої. Вони накопичують додатковий зсув фази через відмінності в частотах, але вже набута різниця фаз, отримана при кодуванні фази градієнта на попередньому кроці, зберігається. Таким чином, для локалізації джерела сигналів, які приймаються котушкою, використовуються градієнти магнітного поля.

1.  $GZ$  градієнт вибирає аксіальний зріз. 2.  $GY$  градієнт створює рядки з різними фазами. 3.  $GX$  градієнт формує стовпці з різними частотами.

Один крок кодування фази виконується лише для одного рядка. Для сканування цілого зрізу, повний процес кодування зрізу, фази та частоти має бути повторений крок кодування кілька разів. Таким чином, створені маленькі обсяги (воксели). Кожен воксел має унікальну комбінацію частоти та фази. Кількість протонів у кожному вокселі визначає амплітуду РЧ хвилі. Отриманий сигнал, що надходить із різних областей тіла, містить складне поєднання частот, фаз та амплітуд.

**Висновок.** У майбутньому більшість МРТ працюватимуть у слабких та середніх полях. Нове покоління користувачів МРТ, невеликі клініки та лікарні, будуть віддавати перевагу більш дешевим МРТ, які забезпечують можливість проведення переважної більшості діагностичних обстежень, що найчастіше зустрічаються. Великі лікарні, клініки збережуть інтерес до сильних магнітних полів, але й вони купуватимуть томографи зі слабкими та середніми полями як другі та треті установки для масових обстежень (і розвантаження від них великого томографа).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аппараты медицинской визуализации (мировой рынок).  
<https://zdrav.expert/index.php/>
2. Основи біомедичного електронного апаратобудування.  
[https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko\\_osnovy\\_biomedychnogo\\_radioelektronного\\_aparatobuduvannya/11.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko_osnovy_biomedychnogo_radioelektronного_aparatobuduvannya/11.html)

## ФАКТОРИ, ВІД ЯКИХ ЗАЛЕЖИТЬ ТОЧНІСТЬ І ДОСТОВІРНІСТЬ УЗ ДІАГНОСТИКИ

Ляшенко Г. А., к.т.н., доц., e-mail: [lyashgen@gmail.com](mailto:lyashgen@gmail.com)

Полянова Н. В., e-mail: [nadya.polysnjva@btu.kharkov.ua](mailto:nadya.polysnjva@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Одним з найбільш перспективних неінвазивних методів візуалізації внутрішніх органів і тканин людини є ультразвукова ехографія. Широкі функціональні можливості ультразвукової апаратури дозволяють істотно підвищити якість діагностики і попередити на ранній стадії розвитку такі соціально значущі захворювання, як онкологічні та серцево-судинні.

**Метою досліджень** є обґрунтування підходів до формування шляхів підвищення якості формування діагностичних показників ультразвукового дослідження внутрішніх органів пацієнтів.

**Основні матеріали досліджень.** Принцип дії більшості видів УЗ-апаратури заснований на так званому ехоімпульсному методі дослідження, який полягає в наступному. За допомогою п'єзоелектричного зонда здійснюється генерування короткого (порядку 1 мкс) зондуючого УЗ-імпульсу і, орієнтуючи зонд відповідним чином на поверхні тіла, направляють цей імпульс в досліджувану область. Ехосигнали, відбиті від кордонів розділу і неоднорідностей біотканин, сприймаються тим же зондом і перетворюються в пропорційні електричні сигнали. Час їх появи відносно моменту випромінювання зондуючого імпульсу свідчить про глибину залягання відображеного об'єкта, а амплітуда і форма ехосигналів несе інформацію про його фізичні особливості. Подальша електронна обробка ехосигналів має на меті виділити параметри, що характеризують місце розташування відображеного об'єкта, величину поглинання та швидкість ультразвуку [1,2].

Якість і точність формування ехозображень визначаються роздільною здатністю по глибині і поперечною роздільною здатністю, що залежить від характеристик полів випромінювання і прийому перетворювача. На сьогодні досягнути високих значень роздільної здатності в приладах середнього класу неможливо [2]. І тільки в найдосконаліших сучасних системах експертного класу практично досягнута можлива межа поздовжньої роздільної здатності, яка залежить від тривалості випромінюваного імпульсного сигналу (при використанні «простих» сигналів) і, отже, від ширини смуги частот.

Тканини тіла поглинають і розсіюють ультразвук по-різному. Високі частоти поглинаються і розсіюються (гасяться) більшою мірою, ніж низькі, але високі частоти дають більш детальне зображення, хоч і мають меншу проникаючу здатність. Тому, щоб досягти більш глибоких тканин, необхідно використовувати більш низькі частоти, так як менш ймовірно, що ці хвилі загубляться при проходженні через тканини. А якщо використовувати більш низькі частоти, як наслідок, падає роздільна здатність ехографічного зображення і глибина проникнення ультразвуку залежить також від його частоти та особливостей самих тканин.

1. Сам апарат УЗД, програмне забезпечення, набір датчиків, розмір монітора;

2. Анатомічні особливості пацієнта, супутні захворювання (наприклад, при хворобі легенів або зсуві органів не завжди вдається отримати якісну картину серця на Ехокг(ехокардіографія);

3. Наявність інформації про пацієнта (увага фахівця розподіляється нерівномірно, а виявлення невеликих відхилень визначається нерідко випадковими факторами, які до того ж можуть по-різному трактуватися);

4. Якість оформлення протоколу (у ньому слід вказувати не лише абсолютні цифри, але й відносні - у порівнянні з нормою) [3].

Залежно від способу перетворення ехосигналів та подання діагностичної інформації, діагностичні УЗ-системи, в яких реалізується метод ехоімпульснодослідження, ділять на три основних групи: системи типу А (системи одновимірного зображення), системи В (системи двовимірного зображення) і системи типу С (системи доплерівського, тобто колірною зображення) [4].

Розглянемо можливості удосконалення стосовно приладу В-типу. У В-режимі всі тканини, через які проходить ультразвуковий промінь, отримують двовірне площинне відображення на деякій глибині структур, розташованих поруч, та їх рух у часі на екрані. Це найбільш простий для сприйняття режим, тому що він відображає анатомічну структуру, як на поперечному розрізі. Однією з основних вимог, що висуваються до ультразвукових діагностичних сканерів, є необхідність забезпечити високу якість ехозображення внутрішніх органів. Якість такогозображеннятимкраще, чимвищечастотазондуючогоімпульсуічимбільш вузький УЗ-промінь, для чого зонди систем В-типу повинні забезпечувати добре фокусування УЗ-хвилі. Діагностичні прилади В-типу становлять найбільш поширену групу діагностичної УЗ-апаратури[5,6]. Незважаючи на наочність УЗ-зображень біотканин, створених апаратурою В-типу, по ним не завжди достатньою точністю вдається судити про структуру і властивості патологічного осередку. У цьому сенсі найкращі результати дає система індикації, що поєднує високу роздільну здатність, властиву приладам А-типу, з наочністю зображення, яка характерна для приладів В-типу. Також, сучасні прилади мають мати такі команди обробки ехозображень, як попередня обробка і постобробка. А для цього необхідно налагодити прилад на оптимальну яскравість зображення, враховуючи всі артефакти та проблему розсіювання ультразвуку тканинами різного типу.

Збільшення чутливості і, отже, збільшення глибини дослідження, є нагальним завданням, вирішення якого дозволило б використовувати датчики з більш високою частотою, що мають підвищену роздільну здатність. Збільшення чутливості є досить актуальним при спостереженні «важких» (difficult to image) пацієнтів, що мають гіпертрофовану м'язову масу або надмірну вагу. При цьому, вибір максимальної глибини дослідження визначає допустиму максимальну частоту сигналів і, отже, межу роздільної здатності зображення.

**Висновок.** Застосування засобів обчислювальної техніки практично в будь-яких системах і на всіх етапах обробки сигналів є перспективним напрямком УЗ-діагностики. Використання останніх досягнень електроніки дозволяє з одного боку підвищити роздільну здатність діагностичних УЗ-приладів, а з іншого – зробити їх портативними, автоматизувати і спростити системи управління, а з часом знизити їх собівартість. Все це буде сприяти ще більш широкому впровадженню нових методів УЗ-дослідження в практичну діагностику.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Терещенко М. Ф. Дослідження параметрів впливу ультразвукового сигналу на біологічні структури / М. Ф. Терещенко, А. В. Кирилова // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2011. – Вип. 2011(№ 41). – С. 152–161.
2. Physics in Medical Ultrasound / Ed. by Evans I.A. L: Institute of Physical Sciences in Medicine, 1986. – Report № 47. – P. 184.
3. Thijssen J.m. et al. FEIP: Front-end for echographic image processing. In: Exploring Advanced Informatics in Medicine, Amsterdam, 1991.
4. Barry B. Goldberg, Atlas of ultrasound measurements // John P. McGahan. Mosby, 2 edition, Philadelphia, 2006. – P. 56 – 82.
5. Эльпинер И. Е. Биофизика ультразвука. М., Наука, 1973. – 282с.
6. Осипов Л. В. Физика и техника ультразвуковых диагностических систем // Медицинская визуализация, 1997. № 1. – С. 6–14; № 2. – С. 18–37.

ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ  
МЕДИЧНОГО ОБЛАДНАННЯМанічева Н. В., к.т.н., доц., e-mail: [vmanichev@ukr.net](mailto:vmanichev@ukr.net)Тітова Н. В., д.т.н., проф., e-mail: [tnv.titova@gmail.com](mailto:tnv.titova@gmail.com)

Національний університет «Одеська політехніка»

**Актуальність дослідження.** Досліджено застосування інтенсивних пружних хвиль звукового і ультразвукового діапазону частот для процесів очищення поверхонь медичного обладнання від технологічних та експлуатаційних забруднень. Метод дозволяє мінімізувати ручну працю, замінити пожежонебезпечні й токсичні розчинники на водні розчини поверхнево активних речовин або на мінеральне масло.

**Метою дослідження** є оцінка залежності питомої ерозії та її інтенсивності від статичного тиску в рідині та аналіз застосування ультразвуку для прискорювання процесів очищення та отримання високої ступені чистоти медичного обладнання.

**Основні матеріали досліджень.** Ефективність ультразвукового очищення залежить від частоти та інтенсивності пружних хвиль; від фізико-хімічних властивостей рідини: щільність, в'язкість, вміст газу, поверхневий натяг, пружність насиченої пари; від зовнішніх факторів (температура, гідростатичний тиск); від характеру забруднень обладнання [1].

На цей час важливим є зниження концентрацій поверхнево активних речовин, перехід на дистильовану воду та на хімічно нейтральні рідини. Тоді робочі рідини також є діелектриками, і основну роль в руйнуванні плівок забруднювачів грає механічний вплив кавітації на поверхню твердого тіла. Однак в хімічно та електрично нейтральному середовищі необхідно підвищити ударну дію закриваються парових каверн. Цього можна досягти, якщо створювати надмірний статичний тиск в робочій ємності і одночасно збільшувати інтенсивність акустичного поля (в результаті можна істотно збільшити ерозійне вплив кавітації); інший спосіб – створення акустичних полів з двома або більше гармоніками різних частот, кратних або не кратних [2].

Перший спосіб має на увазі, що фізико-механічний процес відбувається в герметичній ємності. При цьому необхідно для виконання умови з підвищенням статичного тиску одночасно збільшувати рівень акустичного сигналу. Обмеженням першого способу є кінцева питома потужність широко застосовуваних електроакустичних перетворювачів. У другому способі в апаратурі використовуються кілька випромінювачів магнітострикційного або (і) п'єзоелектричного типу з різною резонансною частотою. При цьому кожен перетворювач збуджується індивідуальним генератором відповідної потужності і частотного діапазону. Це призводить на практиці до ряду технічних проблем і збільшує вартість апаратури, пропорційна кількості генераторів [2, 3].

Експериментальні дослідження залежності кавітаційної ерозії свинцевих зразків від осьової координати  $r$  проводилися в три етапи. На першому порівнювалися результати руйнування зразків у двох середовищах: трансформаторному маслі і відстояною протягом двох тижнів водопровідній воді. Зразки представляли собою свинцеві пластинки розмірами (18×12×1) мм і фіксувалися на відповідній відстані від активної зони звукоутворення за допомогою затиску. Вони орієнтовані щодо вторинного вихору таким чином, щоб руйнування піддавався торець пластинки. Оцінювався ступінь ерозії щодо зменшення маси зразків зважуванням на аналітичних вагах з чутливістю 0,01 мг. На другому етапі змінювалася тривалість пружних експоненціальних імпульсів. На третьому етапі проводилося дослідження ерозії зразків при наявності надлишкового статичного тиску в герметичній ємності [1, 2]. Залежність швидкості ерозії  $\mu = \Delta m / \Delta t$  (умовно за 1 сек. озвучування) від надлишкового тиску в робочій ємності представлено на рис. 1. Зі



збільшенням статичного тиску в рідині підвищується частота  $f_0$  основного тону генерованого звуку (рис. 1).

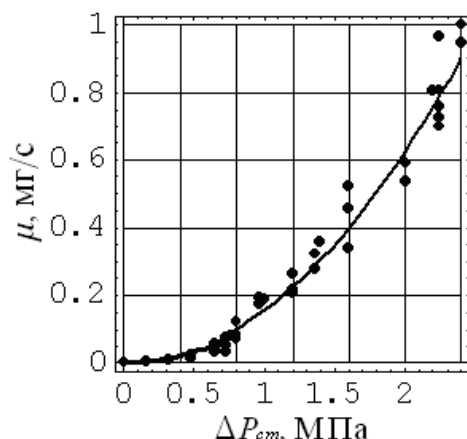


Рис. 1 – Залежність питомої ерозії від статичного тиску в рідині

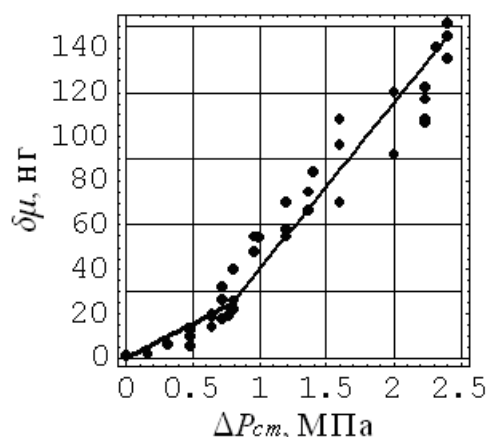


Рис. 2 – Залежність інтенсивності ерозії зразків від статичного тиску в рідині

Тому має сенс оцінити інтенсивність ерозії – зменшення маси зразка за один період хвилі  $\delta\mu = \mu/f_0$  (рис. 2). В діапазоні надлишкового статичного тиску від 0 до 2,5 МПа інтенсивність ерозії підвищується на два порядки [2-4].

По типу забруднення можна умовно виділити завдання первинної та вторинної очистки медичного обладнання. У першому випадку необхідно очистити поверхні від технологічних забруднень, наприклад, від притиральних паст при їх виготовленні або після капітального ремонту обладнання. У другому випадку мова йде про чищення медичного обладнання від експлуатаційних забруднень: нагар, асфальто-смолисті відкладення та інші. Для притирання робочих поверхонь деталей біомедичних приладів широко використовуються паста Гої, яка є суміш абразивних частинок і сполучних речовин – твердих і рідких.

**Висновок.** Спостерігається кореляція надлишкового статичного тиску з інтенсивністю ерозії зразків, це дає можливість оцінити зону найбільшої технологічної активності обладнання по очищенню біомедичного інструменту. В процесі притирання абразивні частинки можуть міцно закріплюватися в мікротріщинах та западинах оброблюваної поверхні. При експлуатації обладнання, вони можуть робити істотний вплив на знос медичного обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Манічева Н. В., Дьоміна А. С. Огляд методу очищення твердих поверхонь в рідинному середовищі ультразвуком. / Н. В. Манічева, А. С. Дьоміна // Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Фізика та медицина у сучасному житті». 19-21 травня 2021 р., м. Одеса, Україна. С. 25-31.
2. Манічева Н. В. Струминні акустичні випромінювачі для біомедичної апаратури. / Н.В. Манічева. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.11.17–біологічні та медичні прилади і системи. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерство освіти і науки України, Київ, 2018. – С. 207.
3. Manicheva N., Dudzinskii Jr., Titova N., Zakharova A. Determination of the nonlinear parameter and internal pressure in a liquid by the acoustic method. / N. Manicheva, Jr. Dudzinskii, N. Titova, A. Zakharova. // Proceedings of Odessa Polytechnic University. – Odessa, Ukraine, 2021. Issue 1(63). P. 88-94.
4. Manicheva, N. V. Power Characteristics of the Uniflow Hydrodynamic Sound Source Under the Conditions of Hydrostatic Pressure / Y. M. Dudzinskii, A. O. Sukharkov, N. V. Manicheva // International Journal of Fluid Mechanics Research. – 2006. – V 33, N 3. – P. 278-285.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ ГРАНИЧНОВИСОКОЇ ЧАСТОТИ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЗАПАЛЕННЯ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ СВИНОМАТОК

Михайлова Л. М., к.т.н., проф., e-mail: [mihajlovaimsg@gmail.com](mailto:mihajlovaimsg@gmail.com)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність досліджень.** Дія електромагнітного поля на хворе вим'я свиноматок приводить до знищення патогенних мікроорганізмів, підвищує енергетичну активність кліткових мембран та швидкість процесів окислювального фосфорилування і енергетику метабалістичних процесів, покращує мікроциркуляцію крові та лімфи, активізує регенеративні процеси в тканинах, що забезпечує одужання свиноматки і збереження порослят.

**Мета досліджень.** Розробка енергозберігаючої, екологічно чистої та ефективної малоенергетичної електромагнітної технології і електронної системи електромагнітної енергії для лікування запаленої молочної залози свиноматок і підвищення їх продуктивності.

**Основні матеріали досліджень.** Рішення завдання про розподіл електромагнітного поля (ЕМП) в молочній залозі свиноматок, представлені у вигляді двошарового діелектричного кругового циліндра, пов'язане з рішенням рівнянь Максвелла в полярній системі координат [1, 2, 3, 4, 5].

Представимо рівняння Максвелла в цій системі координат і врахуємо, що вісь X співпадає з віссю циліндра. Тоді маємо:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial E_x^\partial}{\partial \varphi} = ik_0 H_r^\partial; \quad \frac{\partial E_x^\partial}{\partial r} = ik_0 H_\varphi^\partial; \quad \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r H_\varphi^\partial) - \frac{1}{r} \frac{\partial H_r^\partial}{\partial \varphi} = -ik_0 \varepsilon E_x^\partial, \quad (1)$$

де  $H_r^\partial, H_\varphi^\partial, E_x^\partial$  – дифракційні компоненти магнітного і електричного поля в полярній системі координат;  $k_0 = \omega/c$  – хвильове число;  $c$  – швидкість світла.

З виразу (1) одержуємо, що компонента ЕП задовільняє рівнянню Гельмгольца:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial E_x^\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 E_x^\partial}{\partial \varphi^2} + k_0^2 \varepsilon E_x^\partial = 0 \quad (2)$$

Рішення рівняння (2) було одержано методом часткових областей і методом розділення змінних. В результаті рішення рівняння (2) напруженість ЕП в області ділянки молочної залози, ураженої маститом, представлено у вигляді:

$$E_x^\partial = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} (-i)^n \frac{c_{2n} d_{1n} - c_{1n} d_{2n}}{b_{1n} c_{2n} - d_{2n} b_{2n}} \left( d_{1n} J_n(k_4 r) + b_{2n} H_n^{(1)}(k_4 r) \right) e^{in\varphi}, \quad (3)$$

де  $\mathfrak{f} = -0,5i \pi k_0 \sqrt{\varepsilon_4} b e^{ik_0 \sqrt{\varepsilon_3} h_3 T}$ .

$$T = \frac{2A}{\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}} \cos \gamma_+ + \sqrt{\varepsilon_3} \cos \gamma_- + i \sqrt{\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}} \sin \gamma_- - i \sqrt{\varepsilon_2} \sin \gamma_+};$$

$$\gamma_\pm = k_0 [h_1 (\sqrt{\varepsilon_3} - \sqrt{\varepsilon_2} \pm \sqrt{\varepsilon_1}) + \sqrt{\varepsilon_3} h_2];$$

$$d_{1n} = H_n^{(1)1}(k_4 b) J_n(k_3 b) - \frac{k_3}{k_4} H_n^{(1)1}(k_4 b) J_n^1(k_3 b);$$

$$d_{2n} = H_n^{(1)1}(k_4 b) H_n^{(1)}(k_3 b) - \frac{k_3}{k_4} H_n^{(1)}(k_4 b) H_n^{(1)1}(k_3 b);$$

$$c_{1n} = \frac{k_3}{k_4} J_n(k_4 b) J_n^1(k_3 b) - J_n^1(k_4 b) J_n(k_3 b);$$

$$c_{2n} = \frac{k_3}{k_4} J_n(k_4 b) H_n^{(1)1}(k_3 b) - J_n^1(k_4 b) H_n^{(1)}(k_3 b);$$

$$b_{1n} = J_n(k_5 a) H_n^{(1)1}(k_4 a) - \frac{k_5}{k_4} J_n^1(k_5 a) H_n^{(1)}(k_4 a);$$

$$b_{2n} = \frac{k_5}{k_4} J_n(k_4 a) J_n^1(k_5 a) - J_n^1(k_4 a) J_n(k_5 a),$$

де  $H_n$  і  $J_n$  – функції Ханкеля і Бесселя.

Для визначення біотропних параметрів ЕМП, що приводить до знищення патогенних мікроорганізмів в молочній залозі, було визначено середнє значення напруженості ЕП в області залози з патогенними мікроорганізмами.

$$E_{\text{сеп}} = \frac{i8ae^{ik_3h_3}TJ_0(k_5a)}{(a+b)\pi^2k_0b[\sqrt{\varepsilon_3}H_0^{(1)}(k_3a)J_1(k_5a) - \sqrt{\varepsilon_3}H_1^{(1)}(k_3a)J_0(k_5a)]}, \quad (4)$$

$$\text{де } T = \frac{A}{\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cos \gamma_+ + \sqrt{\varepsilon_3} \cos \gamma_- + i \sqrt{\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2} \sin \gamma_- - i \sqrt{\varepsilon_2} \sin \gamma_+}}};$$

$$\gamma_{\pm} = k_0[h_1(\sqrt{\varepsilon_3} - \sqrt{\varepsilon_2} \pm \sqrt{\varepsilon_1}) + \sqrt{\varepsilon_3}h_2],$$

де  $A$  – амплітуда хвилі збудження;  $\varepsilon_1$  – відносна діелектрична проникність (ДП) шару шерсті;  $\varepsilon_2$  – відносна ДП шару шкіри;  $\varepsilon_3$  – відносна ДП шару м'яса;  $\varepsilon_4 = \varepsilon_5$  – відносна ДП молочної залози;  $h_1$  – товщина шару шерсті;  $h_2$  – товщина шару шкіри;  $h_1$  – відстань від нижньої межі шару шкіри до молочної залози;  $b$  – радіус циліндра, що моделює молочну залозу;  $a$  – радіус циліндра, що моделює шар молочної залози, яка не піддалася ураженню маститом.

$$k_3 = k_0\sqrt{\varepsilon_3}, \quad k_5 = k_0\sqrt{\varepsilon_5}, \quad k_0 = 2\pi f / c,$$

де  $f$  – частота хвилі збудження.

На основі (4) проведені числові розрахунки середнього значення ЕП, нормованого до амплітуди хвилі збудження. Залежність цієї величини  $|E_{\text{сеп}}/A|$  від частоти хвилі збудження  $f$ , наведена на рисунку.

Отже, для отримання максимального значення амплітуди ЕП, частота збудженої ЕМ хвилі була  $f \cong 142,8$  ГГц. У цьому випадку значення амплітуди ЕП складає майже 70% від амплітуди хвилі збудження.

**Висновок.** Встановлено, що для руйнування мембран патогенних мікроорганізмів в молочній залозі свиноматок величина критичного потенціалу повинна бути не менше 110 мВ, величина енергії для утворення наскрізної пори в мембрані не менше  $0,7 \cdot 10^{-19}$  Дж, а орієнтовна потужність джерела випромінювання не менше 250 мВт при експозиції 72 с.

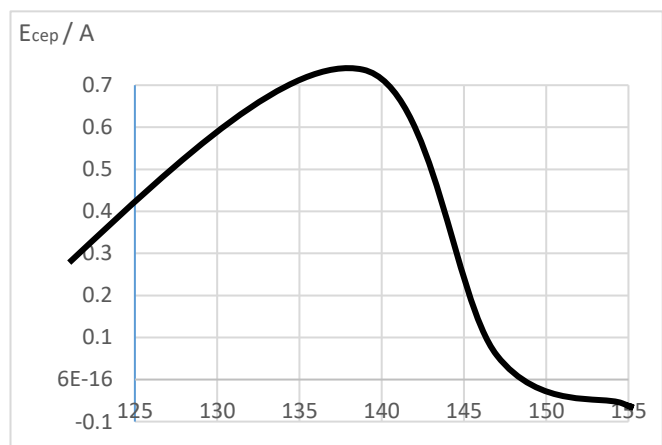


Рис.1 -Частотна залежність амплітуди ЕП, нормованої до амплітуди хвилі збудження

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кабанов В. Біологічні основи підвищення інтенсивності свинарства / В. Кабанов // Свинарство. 2002. - №2. С. 27 – 28.
2. Черенкова А. Д. Вплив низькоенергетичних МП на клітини тканин вимені корів хворих маститом / А. Д. Черенкова, Л. Ф. Кучин. – Вісник ХДТУСГ. 2001. – С. 32 – 33.
3. Михайлова Л. М. Фізіологічні особливості маститу свиней і методи його лікування / Л. М. Михайлова, А. Н. Мороз // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях. – 2010 - №33. – С.31 – 35.
4. Михайлова Л. М. Визначення параметрів електродинамічної системи багатодіючого генератора вкрай високочастотного діапазону / Л. М. Михайлова // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях. – 2011. - № 54. – С. 138 – 141.
5. Михайлова Л. М. Застосування електромагнітного поля граничновисокої частоти для лікування тварин / Л. М. Михайлова // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2012. - № 1. – С. 13 – 16.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЕНДОМЕТРИТУ КОРІВ

Михайлова Л. М., к.т.н., проф., e-mail: [mihajlovaimesg@gmail.com](mailto:mihajlovaimesg@gmail.com)

Думанський О. В., к.т.н., доц., e-mail: [duman.alexandr@gmail.com](mailto:duman.alexandr@gmail.com)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження.** Один з показників зниження виробництва молока і м'яса в Україні є не лише зменшення поголів'я, а й безпліддя маткового поголів'я корів через гінекологічні захворювання.

Головною післяпологовою хворобою у корів є ендометрит, який приносить господарствам величезний економічний збиток. Економічний збиток від цього захворювання складається з низької молочної продуктивності, недоотримання телят, збільшення витрати сперми і раннього вибракування худоби. Швидке і ефективне лікування ендометриту – найважливіша економічна задача як у м'ясній, так і в молочній промисловості. У зв'язку з чим збереження і збільшення поголів'я корів, а також підвищення їх продуктивності пов'язане із застосуванням низько енергетичних електромагнітних полів для немедикаментозного лікування ендометриту.

У сучасних умовах для лікування ендометриту тварин використовуються антибіотики, гормони та інші хімічні препарати. Антибіотики та інші медикаменти, потрапляючи в організм людини через молоко і м'ясо корів, пригнічують імунітет, уражають печінку й інші органи, що призводить до різних захворювань. Тому не медикаментозне лікування ендометриту у корів є актуальною задачею.

**Метою досліджень** є аналіз методів і електронних систем для лікування ендометриту великої рогатої худоби і створення енергозберігаючої, екологічно чистої та ефективної інформаційної електромагнітної технології та електронних систем для лікування ендометриту тварин великої рогатої худоби.

**Основні матеріали досліджень.** Підвищення продуктивності корів та збільшення їх поголів'я значною мірою залежить від своєчасного та ефективного лікування їх хвороб. У сучасних умовах великий економічний збиток наносять акушерсько-гінекологічні хвороби корів. Аналіз показує, що післяпологовим ендометритом можуть перехворіти до 90% корів, із зменшенням виходу приплоду і молочної продуктивності до 20% [1].

Ендометрит є інфекційним процесом запалення слизової оболонки матки. Гострий ендометрит майже завжди виникає в перші 14 днів пологів і характеризується гнильними виділеннями і збільшеною маткою. Підгострий і хронічний ендометрит частіше трапляється через 14 днів після отелення. Головною клінічною особливістю підгострого та хронічного ендометриту є слизисто-гнійні виділення з отвору шийки матки. Головні патогенні бактерії, що викликають підгострий і хронічний ендометрит – це *Actinomyces pyogenes* (променистий грибок), грамнегативні анаероби та *E. coli*. Для лікування ендометриту корів в більшості випадків застосовуються тільки медикаментозні засоби: окситоцин, пеніцилін, неоцилін, стрептоміцин, триметопрім, амоксицилін, фрамецилін, тілозін, енрофлокацин, цефтіофрід та ін., вказані ветеринаром. Як показують медичні дослідження, застосування антибіотиків та інших медикаментів не завжди приводить до одужання тварин і, крім того, лікарські препарати з м'ясом тварин потрапляють в організм людини, що призводить до негативного впливу на її органи. У раді країн (США, Англія, Німеччина) з 1971 року введена заборона на застосування антибіотиків для лікування тварин [1, 2, 4]

Проникаючи в організм, це випромінювання на певних (резонансних) частотах трансформується в інформаційні сигнали, які здійснюють управління і регулювання відновними процесами або пристосованими процесами в ньому.

Основне застосування інформаційних електромагнітних полів в тваринництві пов'язане з лікуванням і підвищенням продуктивності тварин.

Електромагнітне випромінювання при впливі на патологічні процеси в організмі тварин призводить до зниження рецепторної чутливості, зменшенню тривалості фази відновлення, активізації регенеративних процесів, прискоренню і корекції гормональної та ферментативної систем, поліпшенню мікроциркуляції крові і лімфи. При відповідних параметрах електромагнітного поля, що впливає на кров тварини, поліпшується транспорт поживних речовин і відпрацьованих продуктів метаболізму, підтримання водного балансу тканин, перенесення активних субстанцій, що регулюють характер і активність обмінних процесів в клітинах і тканинах.

Електромагнітний метод може бути використаний в біотехнології для підвищення відтворювальної функції тварин, шляхом інформаційного електромагнітного впливу на статеві органи. Особливо це актуально при акушерсько-гінекологічних захворюваннях корів. Проблеми запальних захворювань статевих органів у тварин до теперішнього часу є актуальними, зважаючи на велику частоту ускладнень і низьку ефективність проведення традиційної терапії, що нерідко приводить до втрати відтворення. У ветеринарній практиці мікрохвильова терапія акушерсько-гінекологічних хвороб тварин є тим методом, який принципово і вигідно відрізнятиметься від існуючих фізіотерапевтичних процедур.

Основним елементом для внутрішньоутробного лікування ендометриту є випромінювач, який повинен сформувати необхідну діаграму спрямованості, забезпечити достатній рівень щільності потоку потужності електромагнітної енергії на слизовій поверхні матки тварини і мати діаметр розкриття не більше 30мм.

В даний час в міліметровому діапазоні довжин хвиль широко застосовуються різні типи антен: антени поверхневих хвиль, дзеркальні, діелектричні, фазування решітки, хвилеводно-лужні, рупорні та інші.

Антени поверхневих хвиль розрізняють за сповільнювальною структурою. Хвилеводно-лужні антени забезпечують звуження діаграми спрямованості у площині, що проходить через вісь хвилеводу. Хвилеводно-рупорні антени, на відміну від розглянутих вище, є ширококутовими пристроями та забезпечують приблизно повторне покриття по діапазону.

**Висновок.** На підставі узагальнення фактичного матеріалу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій впливає, що для лікування ендометриту корів слід використовувати інформаційні електромагнітні поля міліметрового діапазону довжин хвиль, які дозволяють створити безмедикаментозними технологію лікування тварин.

Застосування електромагнітного випромінювання для лікування ендометриту корів дозволить виключити медикаменти та скоротити тривалість лікування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Думанський О. В. Лікування електромагнітним випромінюванням. Збірник наукових праць: випуск 22 / Подільський державний аграрно-технічний університет; за редакцією доктора економічних наук, професора, Заслуженого працівника сільського господарства України, в.о. ректора університету (голова) В.В. Іванишина. – Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, 2014. – С. 474-477.

2. Думанський О. В., Михайлова Л. М., Мельник В. В. Обґрунтування типу випромінювача для лікування ендометриту тварин. Збірник наукових праць: випуск 24. Частина 2. Подільський державний аграрно-технічний університет; за редакцією доктора економічних наук, професора, Заслуженого працівника сільського господарства України, ректора університету (голова) В.В. Іванишина. – Кам'янець-Подільський: 2016. – 285с. – С. 108 - 113.

3. Думанський О. В., Михайлова Л. М. Экспериментальные исследования электронных систем и метода терапии эндометрита коров миллиметровым электромагнитным излучением. MOTROL. Commission of Motorisation and Energetics in Agriculture – 2015. Vol. 17. No.5.29-34.

4. Кишакевич І. Т., Коцабин Н. В., Радченко В. В. Ендометрій у фокусі уваги гінеколога: роль гістероскопії та імуногістохімії в діагностиці хронічного ендометриту, вибір лікування // Репродуктивна ендокринологія. – 2017. – № 2. – С. 24–27.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОДИНАМІЧНОГО  
ВИПРОМІНЮВАЧА ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

Михайлова Л. М., к.т.н., проф., e-mail: [mihajlovaimsg@gmail.com](mailto:mihajlovaimsg@gmail.com)

Рудь А. В., док. філ. проф. e-mail: [anatoliyrudj@gmail.com](mailto:anatoliyrudj@gmail.com)

Грушецький С. М., к.т.н., доц. e-mail: [g.sergiy.1969@gmail.com](mailto:g.sergiy.1969@gmail.com)

Павельчук Ю. Ф., к.т.н., доц. e-mail: [yuriy3372@gmail.com](mailto:yuriy3372@gmail.com)

Корчак М. М., к.т.н., доц. e-mail: [korchak\\_nikolay@ukr.net](mailto:korchak_nikolay@ukr.net)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність досліджень.** Застосування гідродинамічного випромінювача звукових коливань для промивання волокнистих матеріалів, зокрема вовни, водними розчинами задля видалення з них ґрунтових і гнойових забруднень, рослинних решток і жиропоту з максимальним збереженням природних властивостей волокна для текстильної промисловості дозволить розробити нову технологію з меншим споживанням енергоресурсів і води.

**Мета досліджень.** Уточнення параметрів гідродинамічного випромінювача (ГДВ) у вигляді періодичної решітки в одній площині під час обробки водними розчинами волокнистих матеріалів, зокрема вовни.

**Основні матеріали досліджень.** Для визначення оптимальних конструктивних параметрів ГДВ (довжина стрижнів, ширина стрижнів, кількість стрижнів в овні) був проведений багатofакторний експеримент, де  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  кодовані значення, а не фізичні параметри ГДВ. В якості відгуку взята частота звукових коливань, яку випромінює ГДВ. Значення факторів та інтервали варіювання наведені в таблиці

Таблиця

Значення факторів в експерименті

Інтервал і рівень факторів	Довжина стрижнів, см	Ширина стрижнів, мм	Кількість стрижнів, шт.
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нульовий рівень $X_i = 0$	28	3	19
Інтервал варіювання $\gamma_i$	2	1	1
Верхній рівень $X_i = +1$	30	4	20
Нижній рівень $X_i = -1$	26	2	18

При використанні стандартної методики побудови планів другого порядку складені матриці: планування експерименту, розрахунку коефіцієнтів регресії, визначення дисперсії адекватності [1, 2, 3]. Після проведення змін і розрахунків отримано рівняння регресії, яке пов'язано з  $X_i$  – кодованими факторами та емпірично визначаємими коефіцієнтами  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ij}$ ,  $b_{ii}$ , що визначають плин процесу

$$Y = 1,4 + 1,2X_1 + 1,0X_2 + 0,3X_3 + 2,0X_1X_2 + 1,8X_1X_3 + 1,5X_2X_3 + 1,6X_1^2 + 0,5X_2^2 + 0,2X_3^2, \quad (1)$$

де  $Y$  – частота звукових коливань;  $X_1$  – кодоване значення довжини стрижнів;  $X_2$  – кодоване значення ширини стрижнів;  $X_3$  – кодоване значення кількості стрижнів.

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії проводилася при рівні значущості  $\alpha=0,001$  за критерієм Стьюдента. Всі коефіцієнти в рівнянні (1) виявилися значущими.

На підставі перевірки даного рівня на адекватність моделі за критерієм Фішера зроблено висновок, що рівняння адекватно описує реальним процесом, і, отже, дозволяє оцінити характер впливу кожного з чинників на функцію відгуку. Крім того, стало можливим практичне використання отриманої моделі для прогнозування значень вихідного параметра  $Y$  в області варіювання параметрів  $X_i$ . Для знаходження оптимальних параметрів процесу вирішено систему рівнянь в якій прирівняли до нуля значення градієнтів компонентів, що обчислені за виразом

$$\frac{\partial Y}{\partial x_i} = b_i + 2b_{ii}x_i + \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j = 0, \quad (2)$$

де  $x_i, x_j$  – кодоване значення фактору, по якому береться похідна, та взаємодіюча з ним, відповідно;  $b_i, b_{ii}, b_{ij}$  – коефіцієнт рівняння регресії.

Для виразу (1) отримана наступна система рівнянь:

$$\begin{aligned}\frac{\partial Y}{\partial X_1} &= 1,2 + 2X_2 + 1,8X_3 + 2 \times 1,6X_1 = 0; \\ \frac{\partial Y}{\partial X_2} &= 1,0 + 2X_1 + 1,5X_3 + 2 \times 0,5X_2 = 0; \\ \frac{\partial Y}{\partial X_3} &= 1,0 + 2X_1 + 1,5X_3 + 2 \times 0,5X_2 = 0.\end{aligned}\quad (3)$$

Для визначення оптимальних параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань була розглянута хвиля одиночного стрижня і хвиля від періодичної системи стрижнів. Визначення параметрів системи ГДВ були уточнені в результаті багатofакторного експерименту.

Дослідження коливань одиночного стрижня дало можливість визначити його геометричні та фізичні параметри для отримання потрібної частоти ультразвуку. Перехід від одиночного коливаючого стрижня до періодичної решітки дає можливість обчислити характеристики ансамблю коливаючих стрижнів з урахуванням періоду і взаємодії одного з одним.

Теоретичні дослідження показують, що для мийки волокнистих матеріалів, наприклад вовни, в безперервному потоці водного розчину необхідно використати плоскі гідродинамічні перетворювачі звукових коливань на частоті 1 – 2 кГц з такими параметрами: довжина стрижнів 25 – 30 см, ширина стрижнів 3 – 4 мм, товщина стрижнів 1 – 2 мм, період решітки перетворювача 5 – 6 мм, кількість стрижнів 18 – 20.

Для промивання шару волокнистого матеріалу товщиною 0,15 – 0,20 м на сітчастому транспортері необхідна інтенсивність звукових коливань 1 – 1,5 Вт/см<sup>2</sup> з коливальною швидкістю не менше 0,2 м/с. ГДВ з частотою звукових коливань 1 – 2 кГц та інтенсивністю 1 Вт/см<sup>2</sup> повинен розташовуватися над шаром матеріалу на відстані  $5 \cdot 10^{-3}$  м. В результаті багатofакторного експерименту були уточнені конструктивні параметри ГДВ звукових коливань: довжина стрижнів 26 см, ширина стрижнів 4 мм, кількість стрижнів 19 шт., частота звукових коливань 1,3 кГц. Для даної моделі ГДВ звукових коливань товщина стрижнів становила величину 1,3 мм, а період решітки 5 мм. Величина інтенсивності звукових коливань на частоті 1,3 кГц становила 1,2 Вт/см<sup>2</sup>, а коливальна швидкість 0,21 м/с. Інтенсивність і коливальна швидкість вимірювалися на відстані  $7 \cdot 10^{-3}$  м від площини випромінювача звукових коливань.

**Висновок.** Результати дослідження показують, що для мийки волокнистих матеріалів, зокрема вовни в безперервному потоці водного розчину необхідно використовувати гідродинамічні перетворювачі звукових коливань на частоті 1,3 кГц з такими параметрами: довжина стрижнів 26 см, ширина стрижнів – 4 мм, товщина стрижнів – 1,3 мм, період решітки перетворювача – 5 мм, кількість стрижнів 19 шт. Гідродинамічний випромінювач з частотою звукових коливань 1,3 кГц, інтенсивністю 1,2 Вт/см<sup>2</sup> і з коливальною швидкістю не менше 0,2 м/с повинен розташовуватися над шаром волокнистого матеріалу на відстані  $7 \cdot 10^{-3}$  м.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агамбаєв М. Основи планування науково-дослідного експерименту / М. Агамбаєв, А. З. Іванов, Ю. І. Терехов. – Ташкент: Укітувачі, 2004. – 336с.
2. Косуліна Н. Г. Визначення параметрів електромагнітного випромінювання для енергоінформаційної дезінфекції вовни при її попередній обробці / Косуліна Н. Г. Черенков О. Д., Чорна М. А. // Східноєвропейський журнал корпоративних технологій. – 2017, № 2/5 (86). С. 52 – 59.
3. Михайлова Л. М. Визначення параметрів акустичної системи для основної обробки вовни / Михайлова Л. М., Косуліна Н. Г., Черенков О. Д. // Східноєвропейський журнал корпоративних технологій. – 2018. № 3/5 (93). – С. 61 – 69.

ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ ПРОФІЛАКТИКИ  
ВІРУСНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ПТИЦІМіленін Д. М., к.т.н., ст. викл., e-mail: [d.milenin@gmail.com](mailto:d.milenin@gmail.com)Лисиченко М. Л., д.т.н., проф., e-mail: [lpriysychenko@ukr.net](mailto:lpriysychenko@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

Пархоменко Л. І., д.б.н., проф., e-mail: [parkhomenko\\_1@ukr.net](mailto:parkhomenko_1@ukr.net)

Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля

**Актуальність.** Птахівництво є одним з перспективним напрямків діяльності галузі тваринництва в Україні з огляду на те що його продукція, як м'ясного так і яєчного спрямування забезпечує харчові потреби населення та підтримання продовольчої безпеки держави. Причому, розрахунки показують, що для виробництва 1 т м'яса бройлерів або 1 т яєчної маси потрібно енергії кормів відповідно у 2,3 та 2,1 рази менше порівняно з 1 т яловичини. Враховуючи матеріально-технічний та кормовий потенціал країни валове виробництво м'яса птиці всіх видів до 2030 р. планується збільшити у 1,5 рази і довести до 1,84 млн т, а валовий збір яйця – у 1,6 рази і забезпечити виробництво на рівні 23,9 млрд шт [1]. Тому, розробка та впровадження нових енергозберігаючих технологій виробництва є актуальною задачею.

Аналіз існуючих лазерних технологій в біології і медицині дозволяє аналогічні технології використати і для активізації фізіологічних процесів у птиці [2], впливу на ембріогенез і ефективність імунізації птиці проти вірусних захворювань [3].

Інфекційні захворювання птиці є основною економічно – значущою проблемою птахівничої галузі. До цього ж додається передача збудників інфекційних захворювань птиці до людини та ссавців, що обумовлює стійке епізоотичне неблагополуччя за рахунок емерджентності. Безліч респіраторних вірусних інфекцій можуть вражати курей та індиків і наносити значний економічний збиток птахівництву, з яких є найбільш розповсюдженими ньюкаслська хвороба та метапневмовірусна інфекція [4].

**Матеріали і методи досліджень.** Лазерну обробкупроекціїтимусу і проекцію бурси Фабриціуса з експозицією 30с і 60 с, здійснювали напівпровідниковим лазером з довжиною хвилі  $638\pm 1\text{нм}$ , потужністю 50,0Втв неперервному режимі. В експериментальних дослідженнях використовували курчат породи «Бірківська барвіста» різних вікових груп, з яких були сформовані експериментальні та контрольна групи (всього 60 голів). Для імунізації використовували живі вакцини проти Ньюкаслської хвороби зі штаму «Ласота» та зі штаму1062метапневмовірусу, типу«В».

**Результати досліджень.** Проведені експериментальні дослідження впливу лазерного випромінювання на ефективність щеплення птиці проти Ньюкаслської хвороби та метапневмовірусної інфекції доводить ефективність застосування додаткової технологічної операції «лазерна обробка»в програмі профілактики вірусних захворювань птиці.

Імунізація курчат породи «Бірківська срібляста»з використанням лазерного випромінювання, на фоні обробки бурси Фабриціуса та тимусу, живою вакциною проти Ньюкаслської хвороби (штам Ласота) сприяє формуванню групового імунітету на рівні 90% із титром антитіл на рівні  $8,6 \log_2$ , що на  $2,6 \log_2$  вище за щеплених курчат контрольної групи.

Крім того, експериментально доведено доцільність використання лазерного випромінювання і з метою підвищення поствакцинального імунітету при щепленні проти метапневмовірусної інфекції, яка зумовлює імуносупресивний вплив на організм курчат. Так, встановлено підвищення рівня поствакцинальних антитіл в ІФА у 60% досліджуваних курчат віком 14 діб. При цьому, титр антитіл становив 1:8595 од., що вищий за контрольну групу курчат, щеплену інтраокулярно тільки без лазерної обробки.



Гістоморфологічним методом встановлено активацію опромінених лазером імунокомпетентних органів імунізованих курчат, що корелює із підвищенням титру поствакцинальних антитіл до вірусу Ньюкаслської хвороби та метапневмовірусу птиці.

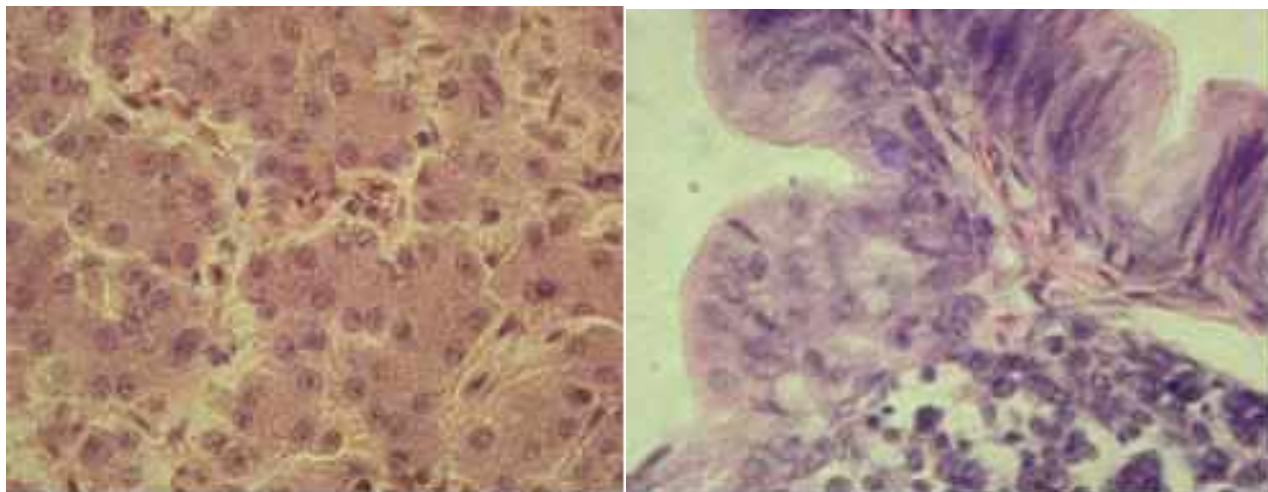


Рис. 1 –Тимус і бурса Фабриціуса курчат, щеплених проти Ньюкаслської хвороби на фоні лазерної обробки бурси Фабриціуса та тимусу

**Висновки.** Експериментально доведено стимулюючий ефект лазерної обробки, протягом 60 с, бурси Фабриціуса та тимусу на ефективність щеплення курчат проти Ньюкаслської хвороби та метапневмовірусної інфекції живими вакцинами.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 pp.) / за ред. акад. НААН М. І. Бащенко – К.: Аграр. Наука, 2017. – 160 с.
2. Квантово-біологічна теорія / за ред. В. В. Бойка і М.О. Красноголовця – Х.: Факт, 2003. – 968 с.
3. Shirin Farivar, Biological Effects of Low Level Laser Therapy/ Shirin Farivar, Talieh Malekshahabi, and Reza Shiari . //J Lasers Med Sci. 2014; V. 5(2) – P. 58-62.Режим доступу: <https://vetsci.org/DOIx.php?id=10.4142/jvs.2015.16.4.501>
4. Effect of monochromatic and combined LED light colours on performance, blood characteristics, meat fatty acid composition and immunity of broiler chicks. Md. R. Hassan, S. Sultana, S.H. Kim and K.S. Ryu. Europ.Poult.Sci., 80. 2016, ISSN 1612-9199, © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DOI: 10.1399/eps.2016.136.

МЕТОД ПРИСКОРЕННЯ БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НАСІННЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ  
СВІТЛОВИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Панкова О. В., к.с.-г.н., доц., e-mail: [pankova\\_oksana@ukr.net](mailto:pankova_oksana@ukr.net)  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
Сировицький К. Г., e-mail: [gaver89@ukr.net](mailto:gaver89@ukr.net)  
Сумський національний аграрний університет

**Актуальність дослідження.** Проблема забезпечення продуктами харчування у світі останнім часом стає дедалі гострішою. Існуючі проблеми значно загострилися за останній рік в результаті розв'язаної війни з боку Росії проти України, яка в свою чергу є найбільшою в Європі аграрною країною. Скоротились площі земельних угідь які можливо використовувати, постійні обстріли прикордонних територій ускладнюють збір врожаю. У зв'язку з цим, актуальним сьогодні є розробка технологій, що будуть одночасно і дешевими і ефективними, з метою активації росту та розвитку сільськогосподарських культур, а отже, і підвищення врожайності та стійкості рослинного організму до захворювань та шкідників. Серед різних методів активації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах найбільш екологічно безпечним і маловитратним є світлова активація рослин, тобто фоторегуляція. Так вже існує ряд досліджень, що доводять ефективність використання світлових джерел енергії з метою обробки як дорослих рослин, так і проростків і насіння. Щодо обробки насіння, яке знаходиться в спокої, після збору врожаю або перед висівом у ґрунт, досі є недостатньо вивченим питанням.

Відомо, що зростання та розвиток рослин контролюється генетичними детермінантами, продуктами їх експресії та сигналами зовнішнього середовища. До основних зовнішніх чинників, які впливають на морфогенетичні процеси в клітинах рослин, належить світло. Світло є матеріальною та енергетичною базою для реалізації генетичних програм автотрофної рослини, що виступає зовнішнім сигналом, за рахунок якого здійснюється взаємодія геному з навколишнім середовищем. Велике значення фоторегуляції має спектр оптичного випромінювання. Вченими проведено експериментальні дослідження, які встановлюють, що при обробці насіння овочевих та зернових культур найбільшу фізіологічну активність має випромінювання, що знаходиться в червоній області спектру: 630-660 нм [1].

Регуляція росту та розвитку рослин червоним світлом здійснюється фоторецептором, який називається фітохром. Він існує у двох формах, що мають властивість взаємно перетворюватися. Відомо, що фітохром є рецептором, що регулює життєво важливі біохімічні та фізіологічні процеси (активує проростання насіння, деетіоляцію при появі проростка над поверхнею ґрунту, формування фотосинтетичного апарату, фотоперіодизм, індукцію цвітіння, розпад запасних вуглеводів, жирів, біосинтез ДНК, РНК, білка, хлорофілу, каротиноїдів та ін, а також впливає на активність значної кількості ферментів). Отримані показники стимуляції проростання насіння, обробленого червоним світлом, дозволяють зробити висновок, що запропонована екзогенна дія фізичного походження може використовуватися для обробки насінневого матеріалу з метою підвищення його схожості при розмноженні рослин природної флори для вирішення питань збереження природних ресурсів [2, 3].

**Метою досліджень** було вивчення впливу монохроматичного оптичного випромінювання червоного діапазону з довжиною хвилі 660 нм на фізіологічні та біохімічні процеси в рослинах на прикладі ячменю.

**Основні матеріали досліджень.** Насіння ячменю (*Hordeum vulgare* L.) сорту «Джерело» перед обробкою замочували в дистильованій воді протягом 2 год і поміщали в ростильні на ложі з фільтрувального паперу, в кожному поміщали по 100 насінин. Повторюваність досвіду

4-кратна. Рослини з насінням поміщали в камеру. Джерело світла – світлодіодна ламка ( $\lambda=660$  нм,  $P = 120$  мВт,  $D = 11$  Дж/см<sup>2</sup>), що розташовувалася у верхній частині над рослиною. Експозиція обробки – 10 хв. Пророщування виробляли термостаті при температурі 22-24°C. Енергію проростання насіння визначали відповідно до стандарту. Для визначення сухої маси проби брали на 3, 4, 5 і 6 добу (по 100 насінин на повторність), відокремлюючи ендосперм від проростка і розкладаючи окремо в паперові пакети. Рослинний матеріал фіксували при 105°C протягом 30 хв для запобігання діяльності ферментів і висушували при 60°C до постійної ваги протягом 2 діб у сушильній шафі. Сухий рослинний матеріал зважували на аналітичних терезах.

Вміст моносахаридів в ендоспермі проростків визначали на 3-ю, 4-ту, 5-ту і 6-ту добу методом, заснованим на відновленні редуруючими цукрами розчину фериціаніду в умовах лужного середовища при нагріванні. Крохмаль визначали класичним методом. Щільність забарвлення визначали на ФЕК з червоним світлофільтром (630 нм).

Аналіз результатів показав, що оптичне випромінювання червоного діапазону активує процес проростання насіння, що призводить до підвищення енергії проростання на 27%, при цьому лабораторна схожість підвищується на 16%. Очевидно, активізуються різні фізіолого-біохімічні процеси, які прискорюють проростання насіння. Аналогічна думка підтверджена результатами інших дослідників.[1-4].

Зростання проростків - інтегральний процес та один з основних споживачів речовини та енергії. Зростання проростка, перш за все, оцінюється за показником сухої маси різних його частин, і передпосівна обробка позначається на її зміні. У ході експерименту спостерігалось зменшення маси ендоспермів, що свідчить про використання запасних поживних речовин на зростання проростків, на що також вказує збільшення маси останніх. При цьому, маса ендоспермів обробленого насіння менше, ніж не обробленого, в середньому на 11%, а маса цих проростків більше на 12%. Таким чином, ймовірно, активація фітохромів стимулює гідролітичний розпад поживних речовин ендосперму та використання їх зростаючим проростком. Зроблені висновки підтверджуються і під час визначення вмісту крохмалю. У обробленому насінні вміст крохмалю протягом усього досвіду нижчий, ніж у необроблених зразках (в середньому на 12%). Як відомо, продуктами гідролізу крохмалю є різні цукри, насамперед моносахариди. На 3 добу пророщування кількість моносахаридів у варіанті обробки зростає, перевищуючи контроль (на 47%), далі розрив між варіантами досвіду скорочується, але, проте, вміст моносахаридів у варіанті обробки насіння залишається вищим, ніж у контрольному. Ймовірно, це свідчить про посилення утворення моносахаридів внаслідок дії оптичного випромінювання червоного діапазону на систему фітохромів, які впливають на амілолітичні ферменти.

**Висновок.** Таким чином, в результаті проведеної серії дослідів експериментально показано, що оптичне випромінювання червоного діапазону (660 нм) активізує проростання насіння і прискорює гідролітичний розпад запасних речовин внаслідок стимуляції ферментативної активності. Це дає можливість говорити, що оптичне випромінювання червоного діапазону призводить до підвищення продуктивності рослин, що в свою чергу може показати збільшення врожайності в польових умовах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Briggs W. R., Olney M. A. 2001. Photoreceptors in plant photomorphogenesis to date. Five phytochromes, two cryptochromes, one phototropin, and one superchrome. *Plant Physiology*. Vol. 125. 85–88.
2. Harari-Steinberg O., Chamovitz D. A. 2001. Dissection of the light signal transduction pathways regulating the two early light-induced protein genes in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* V. 127, N 3. 986-997
3. Neff M. M., Fankhauser C., Chory J. 2000. Light: an indicator of time and place. *Genes and Develop.* V. 14. 257-271.
4. Peters J. L., Széll M., Kendrick R. E. 1998. The expression of light-regulated genes in the high-pigment-1 mutant of tomato. *Plant Physiol.* Vol. 117. 797–807.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ АКУСТИЧНОГО БЕЗКОНТАКТНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ МІКРОЧАСТИНОК

Панцир Ю. І., к.т.н., доц., e-mail: [panziruriy@gmail.com](mailto:panziruriy@gmail.com)

Потапський П. В., к.т.н., доц., e-mail: [p.v.potap@meta.ua](mailto:p.v.potap@meta.ua)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження.** Безконтактне точне захоплення і маніпулювання окремими мікрочастинками, можливість організувати клітини і мікрочастинки в бажані схеми має важливе значення для численних біологічних розробок таких як мікрочіпи, тканинна інженерія, фармакологія та регенеративна медицина і тому викликає значний інтерес до біофізики та біомедичної інженерії.

**Метою роботи** є моделювання процесу акустичної маніпуляції мікрочастинок.

**Основні матеріали досліджень.** Робота різних приладів п'єзоелектронних заснована на п'єзоелектричному ефекті, який був відкритий в 1880 р. французькими вченими братами П. Кюрі та Ж. Кюрі. Слово "П'єзоелектрика" означає "електрика від тиску". Прямий п'єзоелектричний ефект чи просто п'єзо ефект полягає в тому, що при тиску на деякі кристалічні тіла, звані п'єзоелектрики, на протилежних гранях цих тіл виникають рівні за величиною, але різні за знаком електричні заряди (рис.1). Якщо змінити напрямок деформації, тобто не стискати, а розтягувати п'єзоелектрики, то заряди на гранях змінять знак на зворотний[1].

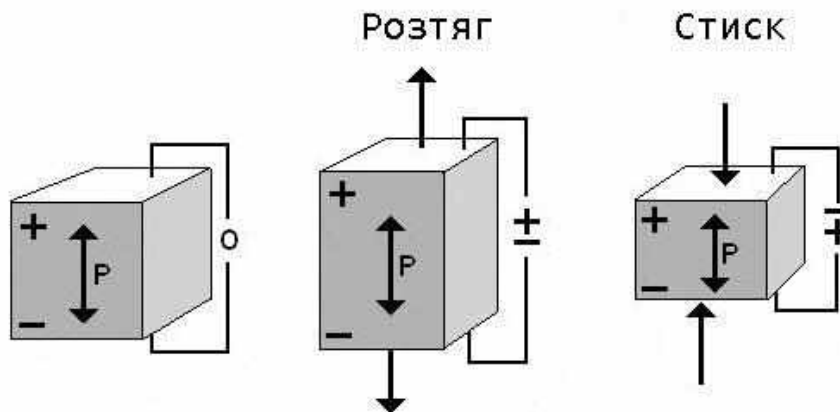


Рис. 1– Принцип п'єзоелектричного ефекту

Для створення власного експериментального приладу заснованого на принципі концентрованих стоячих акустичних хвиль, який відповідно до вище згаданих систем, але працюючих на принципово інших методах здатний до переміщення та маніпуляції з живими клітинами в медичних та дослідницьких цілях. «Пінцет» складається з двох генераторів звукових хвиль, які дозволяють захопити одну клітину і перемістити її в певний пункт з високою точністю. Це рішення дозволяє відмовитися від звичних екструдерів, оскільки підвищує точність маніпуляції до безпрецедентних відміток.

Для роботи з клітинами використовуються так звані «поверхневі» звукові хвилі, які формують навколо необхідної мікрочастинки спеціальний «вузол». «Ув'язнений» в нього об'єкт можна переміщати в трьох вимірах, не побоюючись за його цілісність. Таким чином, вчені можуть створювати повноцінні тривимірні конструкції нанорозмірів.

Нерезонансні левітатори можуть бути виконані з використанням двох розділених і протилежних випромінювачів. Резонансні пристрої більш ефективні, але чутливі до зміни температури і розташування елементів. Як резонансні так і нерезонансні левітатори керуються синусоїдальним сигналом збудження для формування стоячої хвилі між їх елементами; ця стояча хвиля буде захоплювати частинки на його вузлах.

Для резонансних левітаторів було показано, що увігнутий рефлектор створює сильніші сили захоплення, ніж планарний і що використання великої пластини випромінювання, прикріпленої до передньої частини випромінювача, забезпечує більшу стійкість, що дозволяє левітації рідин і дослідження зразків у мікрогравітації ці результати були підтверджені в подальших дослідженнях [2]. Хоча максимальна поздовжня сила захоплення була отримана з радіусом поверхні масиву кривизни 4,5 см, ми вибрали розташування з радіусом 6 см для мінімізації небажаних відбиттів, виступу і отримання більш функціональних пасток.

Власне для розробки такого приладу достатньо перерахованих компонентів котрі доступні в загальному вжитку. Використовуючи такого роду складових приладу можна досягти достатньо низької собівартості у порівнянні з вже існуючими на ринку пропозиціями.

Система складається з плати драйвера і одноосного левітатора з 72 перетворювачами (розташовані у вигляді двох поверхонь, кожна з яких містить 36 перетворювачів) [3].

Імітаційне акустичне поле; кожне коло представляє перетворювач діаметром 10 мм, а колір являє собою фазу випромінювання перетворювачів (для забезпечення вертикального переміщення пасток потрібно два сигнали керування).

Список необхідних компонентів для створення акустичного левітатора: 72x 10мм перетворювачі 40 кГц; 1 x ArduinoNano; 1 x L298N DualMotorDriveBoard; 1 x Перемикач живлення; 1 x дроти перемички; 6 x Чорний і червоний дріт; 1 x 3D-друкований корпус.

У середовищі SolidWorks було створено 3D візуалізації корпусу випромінювача в якому буде відбуватися процес безконтактного маніпулювання мікрочастинками [4].

Для даного макету були підбрані основні розміри. Так відстань між двома протилежними випромінювачами є 14 см, діаметр площини випромінювання складає 8 см, а радіус поверхні, де знаходяться перетворювачі є 6см, які забезпечують ефективний процес для безконтактної маніпуляції мікрочастинками.

Такі розміри і кількість випромінювачів забезпечують якнайкраще позиціонування мікрочастинок у вузлах акустичного тиску і дають змогу ефективно маніпулювати та переміщувати мікрочастинки які досліджуються.

**Висновок.** Було розглянуто основний ефект на якому базується процес перетворення напруги в ультразвукові коливання під назвою п'єзоелектричний ефект.

Розраховані основні величини акустичної хвилі. Також описано модель акустичного левітатора який працює на поверхневих акустичних хвилях.

Визначено основні компоненти та представлені їх фізичні характеристики. Встановлено позиціонування перетворювачів в корпусі приладу та їх оптимальна кількість. На основі теоретичних даних та співвідношень представлено 3D модель системи для перенесення та маніпуляції мікрочастинками ультразвуком для подальшого поглибленого дослідження.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пьезоэлектрический эффект и его применение в технике [Електронний ресурс] : електронні ресурси в науці, культурі та освіті : Режим доступу : <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1438-pezojelektricheskiij-jeffekt.html>.

2. Andrade M.A.B., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of a large solid sphere" // Applied Physics Letters, Volume 109, Issue 4, 25 July 2016, No 044101.28

3. Cao, H. L., Yin, D. C., Guo, Y. Z., Ma, X. L., He, J., Guo, W. H., Xie, X.-Z., and Zhou, B. R., "Rapid crystallization from acoustically levitated droplets," J. Acoust. Soc. Am. 131(4), 3164–3172 (2012).

4. По для 3D-моделирования в SolidWorks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.3ds.com/ru/produktu-i-uslugi/solidworks/> // Дата звернення: 18.11.2022.

5. Andrade M.A.B., Okina F.T.A., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of an object larger than the acoustic wave length" // Journal of the Acoustical Society of America, Volume 141, Issue 6, 1 June 2017, Pages 4148-4154.

Andrade M.A.B., Bernassau A.L., Adamowski J.C. "Acoustic levitation of a large solid sphere" // Applied Physics Letters, Volume 109, Issue 4, 25 July 2016, No 044101.28.

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДНОЇ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ТЕРИТОРІЙ

Пещанська Я. В., магістр, e-mail: [platinum.infiniti8@gmail.com](mailto:platinum.infiniti8@gmail.com)

Порван А. П., к.т.н., доц., e-mail: [a.porvan@khai.edu](mailto:a.porvan@khai.edu)

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день накопичено величезний запас знань і даних моніторингу про вміст і поведінку радіонуклідів у різних екосистемах. Існує чимало математичних моделей, які відображають формування дози опромінення як при радіаційних аваріях на ядерних підприємствах, так і при їх безаварійній роботі [1, 2]. Вони дають можливість прогнозувати рівні радіаційного забруднення, підвищуючи ефективність управління екологічною безпекою. Та оцінювання ризику від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами не має широкого застосування. Актуальність проблеми пов'язана не тільки з несприятливим впливом радіоактивного опромінювання та зараження місцевості, а й з вивченням наслідків впливу природних радіонуклідів на організм та здоров'я людини [3].

**Метою роботи** є розробка математичної моделі визначення радіонуклідної небезпечності територій для оцінки наслідків впливу природних радіонуклідів на організм людини.

**Основні матеріали досліджень.** Уявлення про сучасні системи екологічного моніторингу з їх можливостями оцінювання різних залежностей та побудови математичних моделей необхідні для вирішення завдань у галузі медичної екології, демографічних процесів, стану здоров'я. До найпопулярніших у сфері медичної екології методів багатofакторного аналізу даних можна віднести різні типи регресійного аналізу.

Для побудови математичної моделі визначення радіонуклідної небезпечності територій були проаналізовані результати 40 вимірювань природних, техногенних та антропогенних факторів радіонуклідної небезпечності територій криворіжського басейну. Аналіз даних проводився із застосуванням програмного забезпечення IBMSPSS. В якості математичного забезпечення було обрано метод бінарної логістичної регресії. При вивченні логістичної регресії досліджується взаємозв'язок між дихотомічною змінною відгука та будь-якими незалежними змінними (кількісні, номінальні, рангові предиктори). Під час побудови моделі в якості дихотомічної змінної було обрано рівень екологічної безпечності територій: 1 – «Безпечно для людини та довкілля», 2 – «Небезпечно для людини та довкілля». Як метод використання змінних у обчисленнях попередньо був встановлений метод покрокового вставлення. Для прогнозування радіонуклідної небезпечності територій було синтезовано математичну модель виду

$$P(Y) = 1/(1 + e^{-z}),$$

де  $z = -9,293 + 34,498 \cdot X_1 + 0,085 \cdot X_2 + 68,099 \cdot X_3 - 53,516 \cdot X_4$ ;

$X_1$  – вміст урану в ґрунтах, %  $10^{-4}$ ;

$X_2$  – вміст урану в підземних та/ або поверхневих водах, г/л  $10^{-6}$ ;

$X_3$  – вміст торію у пилюватій фракції відвалах, г/т;

$X_4$  – відстань від СЗЗ (поза зони спостереження ГВП), км.

Перевірка значущості відмінності коефіцієнтів від нуля проводиться за допомогою статистики Вальда, яка показала значимість ( $p < 0,001$ ) усіх отриманих коефіцієнтів та предикторів, що увійшли до моделі. Отримане значення критерію Нейджелкерка ( $H_N = 0,984$ ) вказує на адекватність отриманої моделі до прогнозованого процесу.

Розрахована  $P(Y)$  дозволяє віднести стан до одного з двох класів з визначеною імовірністю і завжди вказує на виконання передбачення, яке відповідає більшому з двох

кодувань (рис.1). Отже, використовуючи отриману модель, можна розраховувати, за іншими значеннями екологічну безпечність території, а значить, використовуючи формули перерахунків можна розрахувати вплив природних радіонуклідів на здоров'я людини.

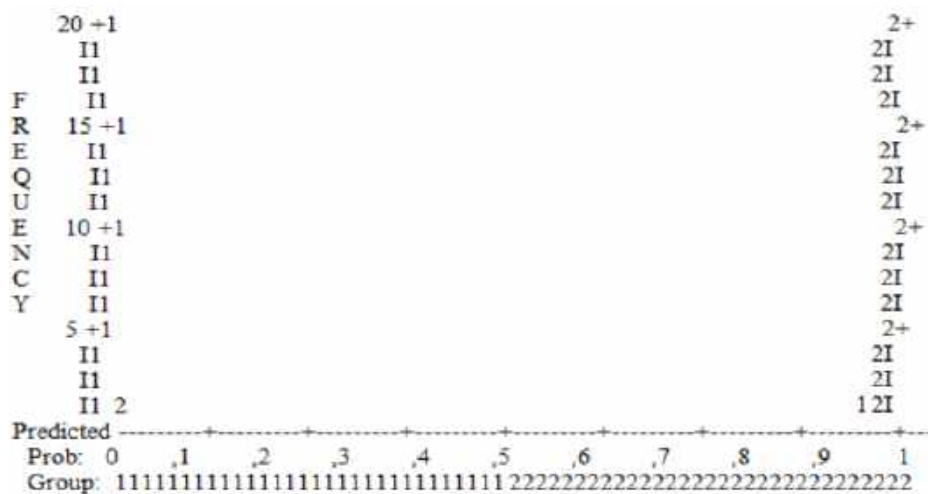


Рис. 1 – Діаграма класифікації стану

Результат визначення приналежності територій, що досліджуються до одного з двох станів небезпечності наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Таблиця класифікації

Рівень екологічної безпечності території	Передбачені		Відсоток вірних
	Безпечно для людини та довкілля	Небезпечно для людини та довкілля	
Безпечно для людини та довкілля	19	1	95,0
Небезпечно для людини та довкілля	2	18	90,0
Загальна відсоткова частка			<b>92,5</b>

З таблиці можна дійти висновку, що із загальної кількості спостережень, рівного 40, тестом були визнані безпомилково 19 – «Безпечно для людини та довкілля» та 18 – «Небезпечно для людини та довкілля». Загалом, правильно було розпізнано 37 випадків із 40, що становить 92,5 %.

**Висновок.** Таким чином розроблена математична модель дозволяє за антропогенними та природними факторами розраховувати імовірність екологічної безпечності території, що в подальшому може бути використано під час визначення впливу природних радіонуклідів на здоров'я людини.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Радіоекологія: підручник. В.П. Шапорев, Ю.Г. Масікевич, В.Ф. Моїсєєв, та ін. – Чернівці: «Місто» АНТ, 2018. – 440 с.
2. Основи радіаційної медицини: Навч. посібник / О. П. Овчаренко, А. П. Лазар, Р. П. Матюшко. – Одеса: Одес. держ. мед. ун-т, 2002. – 208 с.
3. Основи біобезпеки (екологічний складник) : навч. посіб. / Л. П. Новосельська, Т. Г. Іващенко, В. П. Гандзюра, О. П. Кулінич ; за заг. наук. ред. д.б.н. О. І. Бондаря. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 180 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЛАДУ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ТОЧОК ДЛЯ АДАПТИВНОЇ КОРЕКЦІЇ ІМУННОЇ СИСТЕМИ

Потапський П. В., к.т.н., доц., e-mail: [p.v.potap@meta.ua](mailto:p.v.potap@meta.ua)

Вусатий М. В., асистент, e-mail: [0611142015vys@gmail.com](mailto:0611142015vys@gmail.com)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження.** Розглядається актуальність використання сучасного методу подолання «сліпоти» Т-лімфоцитів при лікуванні онкологічних захворювань. На базі цього методу запропонована схема портативного імпульсного електростимулятора біологічно-активних точок, що дозволяє комбінувати сигнали різної форми і складності, та запобігає звиканню точок до тривалої стимуляції. Представлений опис та розрахунки елементів схеми. Підібраний оптимальний тип та матеріал електродів. Схема протестована у програмному пакеті ElectronicsWorkbench. 3D модель корпусу приладу представлена у середовищі SolidWorks з усіма відповідними розмірами та компонентами.

**Метою роботи** є принципна та структурна схема приладу для корекції імунної системи електростимуляцією біологічно-активних точок при терапії онкологічних захворювань.

**Основні матеріали досліджень.** Існує багато методів терапії злоякісних пухлин. Однак ці методи не є достатньо ефективними. Тільки на заключних стадіях хвороби помирає більше сімдесяти відсотків хворих при застосуванні традиційних способів лікування. Тому із розвитком технологій постійно досліджуються нові сучасні методи терапії, які повинні бути більш результативними та мали б менше негативних побічних ефектів. Одним з таких методів є відкриття в імунології, що дає змогу подолати «сліпоту» клітин імунної системи (Т-лімфоцитів).

Запропонований прилад має назву «БІОСТИМУЛ – 01». Ця робота є експериментальним макетом професійного медичного стимулятора. Пристрій використовується тільки як додатковий засіб при терапії онкологічних захворювань імунологічним методом. Детермінація та встановлення усіх параметрів проводиться виключно за згодою лікаря. Усі регулятори підібрані таким чином, щоб були присутні максимальні діапазони змінюваних параметрів. Налаштування параметрів відбувається виключно згідно з рекомендаціями лікаря. Пристрій є портативним та зручним у використанні як для лікаря, так і для пацієнта. Для його реалізації було задіяно дев'ять функціональних блоків. Функціональну блок-схему представлено на рис. 1.

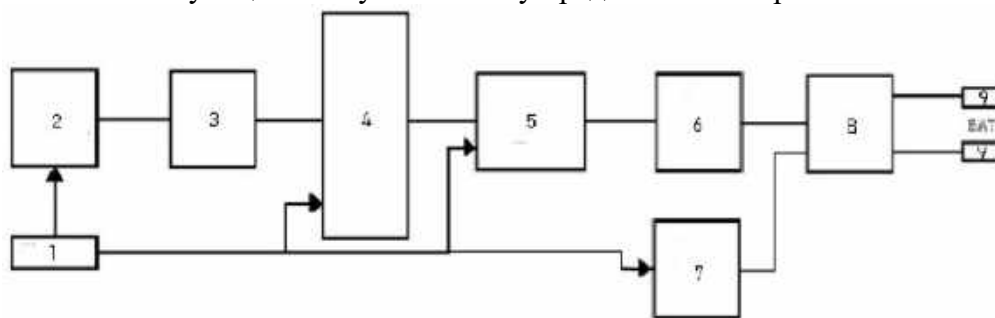


Рис. 1 – Функціональна блок-схема «БІОСТИМУЛ – 01»

Розшифровка елементів: 1 – блок живлення, що являє собою дві батареї Li-ion; 2 – основний тактовий генератор змінної частоти; 3 – лічильник із заданим коефіцієнтом рахунку; 4 – плата пам'яті паралельного запису та зчитування типу M27C512; 5 – шестирозрядний цифро-аналоговий перетворювач двійково-зваженого типу; 6 – пасивний фільтр низьких частот; 7 – додатковий високочастотний генератор імпульсів, 8 – блок підсилення та регулювання вихідною напругою, 9 – контактні електроди.



Стрілками на схемі показане живлення окремих елементів. Одиначними лініями показані послідовні електричні зв'язки.

Номинальна напруга даного джерела живлення дозволяє жити усі необхідні елементи без застосування дільників напруги.

При максимальній навантаженні на ЦАП, максимальна потужність схеми складає:

- Потужність основного генератора імпульсів до 0.15 Вт;
- Потужність додаткового генератора імпульсів до 0.22 Вт;
- Максимальна потужність ЦАП дорівнює 0.37 Вт;
- Потужність плати пам'яті до 0.2 Вт.

За таких показників була розрахована тривалість роботи схеми з використанням Li-ion елементів живлення. За теоретичних розрахунків він склав 10.23 години. Перевірка даних реалізовувалася в калькуляторі часу роботи акумулятора. Вихідні дані програми скореговані згідно з похибками і допусками, враховуючи коефіцієнт допустимої глибини розряду та ємність джерела живлення. Мінімальний час роботи однієї батареї згідно з розрахованими даними за допомогою програми склав 8.53 години.

Очевидно, що при використанні двох Li-ion акумуляторів типу 18-650 мінімальний час безперервної роботи схеми приладу складатиме не менше 17 годин.

Тактовий генератор було обрано як мультівібратор на основі операційного підсилювача. Такий вибір було зроблено за наступними вимогами [2]:

- відносно невеликий час «розгону»;
- помірна ціна;
- можливість змінювати шпаруватість імпульсів.

Для цього використовується операційний підсилювач з коефіцієнтом підсилення напруги 100 Дб [3].

Для схеми приладу було обрано плату пам'яті 512 Kbit (64К x8) UV EPROM типу M27C512. Серія є сучасною та володіє хорошою швидкістю.

Об'єм пам'яті достатньо великий для того, щоб записати складний сигнал і зчитати його. Час доступу (час, за який відбувається запит та вивід даних з комірок пам'яті) складає 120 нс, що дозволяє майже моментально отримувати на виході сигнал потрібної форми.

**Висновок.** У даному дослідженні була розроблена блок-схема імпульсного електростимулятора біологічно-активних точок «БІОСТИМУЛ – 01», яка складається з дев'яти основних компонентів. Недоліки, які були присутні у попередніх приладах-аналогах були усунені конструктивними особливостями пристрою. Кожен елемент схеми підібраний та розрахований для забезпечення максимальної ефективності роботи приладу. Компоненти схеми протестовані та випробувані у програмному пакеті ElectronicsWorkbench. У роботі показані та описана робота регуляторів основних параметрів «БІОСТИМУЛ-01», що дає змогу пристосувати прилад під особливості кожного пацієнта.

Після того як дані були зчитані з пам'яті, вони відправляються на цифро-аналоговий перетворювач. Так як код, який зчитується з комірок пам'яті відображається у двійковій системі лічування, його необхідно перетворити на аналоговий сигнал, а саме в напругу. У роботі використовується модель двійково-зваженого приближення. Двійково зважена модель цифро-аналогового перетворювача дозволяє досить простим способом перетворити шестирозрядний вихідний код з плати пам'яті на корисний імпульс.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Онкологія в Україні: рівень захворюваності та смертності в 2019-2020 роках. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/14/infografika/suspilstvo/onkolohiya-ukrayini-riven-zahvoryuvanosti-ta-smertnosti-2019-2020-rokax>. Дата звернення: 19.11.2022.

2. Зубчук В. І. Цифрова схемотехніка. Навчальний посібник / В. І. Зубчук, Н. В. Захарчук. – Київ: НТУУ «КПІ», 2017. - 180 с.

3. Операційний підсилювач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://stud.com.ua/28264/tovarovnavstvo/operatsiyni\\_pidsilyuvachi](https://stud.com.ua/28264/tovarovnavstvo/operatsiyni_pidsilyuvachi). Дата звернення: 09.05.2019.

## ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ЛЬОНУ

Савченко В. В., к.т.н., доц., e-mail: vit1986@ua.fm

Синявський О. Ю., к.т.н., доц., e-mail: sinyavsky2008@ukr.net

Величко П. Д., магістрант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** В останні роки в Україні і за кордоном значно підвищився інтерес до вирощування льону. Це пояснюється тим, що льон є цінною технічною культурою. Насіння льону - це цінна лікарська сировина. Лляна олія є одним з найстаріших продуктів і має високий вміст омега-3-ліноленої кислоти, яку все частіше застосовують як цінну харчову добавку.

У зв'язку з цим виникла необхідність у підвищенні ефективності вирощування льону. Нині для підвищення врожайності льону широко застосовують мінеральні добрива, стимулятори розвитку рослин, а для захисту рослин від шкідників – хімічні засоби захисту, які забруднюють навколишнє середовище і знижують харчову якість продуктів, отриманих з льону. Тому для збільшення врожайності льону та отримання екологічно чистої продукції доцільно застосовувати електрофізичні методи передпосівної обробки насіння [1], яка дозволяє посилити захист насіння від різних хвороб, позитивно впливати на процес проростання, прискорює розвиток рослин на початковій стадії.

Насіння льону має специфічні особливості поверхніоболонки, що ускладнює їх передпосівну обробку хімічними засобами, тому виникла необхідність у розробці раціональних способів проведення передпосівних робіт з метою прискорення метаболізму всередині насіння, і як наслідок, підвищення врожайності і якості продукції [2].

**Мета дослідження** – встановлення впливу магнітного поля на посівні якості насіння льону при передпосівній обробці.

**Основні матеріали досліджень.** Стимуляція насіння в магнітному полі обумовлена зростанням швидкості хімічних та біохімічних реакцій, які відбуваються в ньому. Внаслідок цього зростає розчинність солей і кислот [3].

Зміна розчинності солей та кислот та зміщення реакції утворення іонів обумовлюють зміну реакції середовища клітини (рН) та окислювально-відновного потенціалу.

Магнітне поле підвищує проникність клітинної мембрани, внаслідок чого прискорюється надходження в клітину води та кисню. Зростання концентрації кисню зменшує ураження насіння грибками та бактеріями [3].

Під дією сили Лоренца посилюється транспорт іонів через клітинну мембрану, внаслідок чого змінюється іонний струм в клітині та її питома електропровідність.

Дія зазначених вище факторів сприяє підвищенню посівних якостей насіння льону.

Отримані аналітичні вирази для швидкості хімічної реакції і транспорту води та іонів під дією магнітного поля показали, що ефект магнітної обробки насіння залежить від магнітної індукції та її градієнту, а також швидкості руху насіння.

Експериментальні дослідження проводили з насінням льону сорту «Гладіатор». У лабораторній установці магнітне поле створювалося чотирма парами постійних магнітів, встановлених зі змінною полярністю. Магнітна індукція регулювалася в межах 0 – 0,4 Тл за допомогою зміни відстані між магнітами. Її значення вимірювали тесламетром 43205/1.

Через магнітне поле насіння льону переміщували на стрічці транспортера. За допомогою перетворювача частоти DeltaVFD004EL43A змінювали частоту обертання електродвигуна транспортера, що дало можливість регулювати швидкість руху стрічки в межах 0,4 – 0,8 м/с.

Насіння льону, оброблене в магнітному полі, пророщували і визначали енергію проростання та схожість за відомою методикою.

Для отримання рівнянь регресії, які пов'язують зміну посівних якостей насіння з режимними параметрами його обробки, були проведені багатофакторні експерименти. Як фактори приймалися магнітна індукція та швидкість руху насіння льону, а вихідними величинами були енергія проростання та схожість.

Проведені однофакторні експерименти дали можливість визначити значення верхнього, основного і нижнього рівнів фактору, які становили для магнітної індукції відповідно 0,13; 0,065 і 0 Тл, для швидкості насіння - 0,8; 0,6 і 0,4 м/с.

При дослідженнях використовувався ортогональний центрально-композиційний план. Обробку даних багатофакторного експерименту виконували за відомою методикою.

Проведені експериментальні дослідження показали, що обробка насіння в магнітному полі покращує його посівні якості.

У результаті проведених досліджень встановлено, що енергія проростання та схожість насіння льону найбільше змінювалися при магнітній індукції 0,065 Тл. У діапазоні значень магнітної індукції 0 – 0,065 Тл її зростання збільшує енергію проростання і схожість насіння льону. У діапазоні магнітної індукції 0,065 – 0,13 Тл енергія проростання і схожість насіння зменшуються із зростанням магнітної індукції, а при більших її значеннях вони змінюються мало, але перевищують контроль.

На зміну посівних якостей насіння впливає швидкість його руху в магнітному полі. Найбільші значення енергії проростання та схожості насіння льону отримали при швидкості 0,4 м/с. При збільшенні швидкості руху насіння дещо зменшується ефект обробки. Швидкість руху насіння в діапазоні швидкостей 0,4 – 0,8 м/с є менш значущим фактором, ніж магнітна індукція.

Проведені дослідження також показали, що застосування чотириразового перемагнічування підсилює ефект магнітної обробки. Подальше збільшення числа перемагнічувань не суттєво впливає на ефект обробки насіння.

Багатофакторні експерименти дозволили отримати рівняння регресії зміни посівних якостей насіння льону від режимних параметрів обробки в магнітному полі, які мають вигляд:

для енергії проростання насіння льону

$$E = 29,72 + 769,23B - 2,5v - 115,39Bv - 4458B^2, \quad (1)$$

для схожості насіння льону

$$G = 42,14 + 653,42B - 4,31v - 121,8Bv - 3826B^2. \quad (2)$$

**Висновки.** На основі проведених досліджень встановлено, що найбільш ефективний режим передпосівної обробки насіння льону має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотириразовому перемагнічуванні, градієнті магнітного поля 0,57 Тл/м і швидкості руху насіння 0,4 м/с. За такого режиму обробки енергія проростання насіння льону на 30 %, а схожість – на 26 %,.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кутис С. Д., Кутис Т. Л. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Часть 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. Москва: Ридеро, 2017. 49 с.
2. Спиридонов А. Б. Технология дражирования семян льна-долгунца с использованием нанодобренений и электрофизических полей. Приволжский научный вестник. Ижевск, 2013. № 10 (26). С. 48-50.
3. Savchenko V., Synyavsky V., Dudnyk A., Nesvidomin A.; Ramsh V., Bunko V. The Impact of a Direct Magnetic Field on the Cells. 2020 [IEEE KhPI Week on Advanced Technology \(KhPIWeek\)](#). P. 193-198.

НАТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ РІДИННОГО ВМІСТУ  
ПРИДАТКОВОЇ ПАЗУХИ НОСУ ЗА МЕТОДОМ ПРОЕТЦАСоколов А. А., аспірант, e-mail: [andrii.sokolov@nure.ua](mailto:andrii.sokolov@nure.ua)Аврунін О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleh.avrunin@nure.ua](mailto:oleh.avrunin@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Соколов А. М., лікар-отоларинголог, e-mail: [FalconLOR2@gmail.com](mailto:FalconLOR2@gmail.com)

Полтавська обласна клінічна лікарня ім. М. В. Скліфосовського

**Актуальність дослідження.** Одним із базових консервативних методів лікування захворювань придаткових пазух носа та носоглотки є метод переміщення за Проетцем, або так звана «кукушка» [1, 2]. Суть методу – це пропускання рідини через порожнину носа для змивання та звільнення патологічного секрету з поверхні слизової оболонки порожнини, носоглотки та придаткових пазух носа. Ефективність цього методу залежить від ступеня фіксації бактеріальних біоплівки, мікрофлори, функціонування можливостей природно вивідних отворів придаткових пазух носа та фізичних властивостей патологічного секрету у придаткових пазухах носа [3, 4]. Удосконалення методики промивання носа за Проетцем дозволить практикуючим лікарям у більшій кількості клінічних випадків домогтися одужання пацієнта без операційних втручань.

**Мета роботи** – провести натурне моделювання переміщення рідинного вмісту придаткової пазухи носа за методом Проетца.

**Основні матеріали досліджень.** Основним завданням було створення натурної моделі порожнини носа і придаткових пазух, що дозволяє експериментально перевірити ефективність дренажу вмісту придаткових пазух в умовах різних режимів протікання промивної рідини через порожнину носа [5].

В якості спрощеної моделі (в ідеальному випадку модель порожнини носа та пазух повинна бути роздрукована на 3D-принтері [6, 7]) порожнини носа використали звичайний фільтр від одноразової інфузійної системи, що імітує резистентність слизової порожнини носа повітряному/водному потоку (рис. 1). Пазухи носа моделювали за допомогою одноразових шприців з відтягнутими поршнями, що приєднуються до бічної поверхні фільтра. Канюлі шприців імітували співвуста пазух (внутрішній діаметр канюлі можна порівняти з природними вивідними отворами людини). Шприци заповнювалися рідинами, за своїми фізичними властивостями подібними до патологічного секрету. У першому випадку застосовувався застиглий розчин підфарбованого харчового желатину. У другому випадку яєчний білок із денатурованими включеннями. У третьому випадку застосовувався розчин забарвленого завареного крохмалю.

Пропускання рідини через модель проводилися у двох режимах: у першому режимі промивна рідина повністю заповнювала та протікала через порожнину носа, а у другому режимі подача промивної рідини чергувалася з подачею повітря з частотою до 6 Гц. Це створювало додаткові турбулентні потоки за рахунок пульсацій та перепад тиску в моделі пазухи, які, у свою чергу, сприяли більш інтенсивному вимиванню умовного патологічного вмісту. Одночасно з цим спостерігалася зміна швидкості вимивання вмісту пазух носа залежно від просторового розташування придаткової пазухи носа. Під час застосування другого режиму ми спостерігали негативні результати, або досягали порівняних результатів за більш довгий час промивання. У дослідженні з розчином желатину, при промиванні в першому режимі дренажу моделі пазухи було ледве помітним. У другому режимі промивання модель пазухи дренажувалась повністю. У досліді із завареним розчином крохмалю в першому режимі промивання дренажу не спостерігалася. Використання другого режиму промивання спричинило повне очищення моделі пазухи.



Рис. 1 – Модель придаткової пазухи для дослідження промивання патологічного секрету

У експерименті з яєчним білком з денатурованими включеннями перший режим промивання дозволяв моделі пазухи частково дренуватися до obturaції вивідного отвору великим денатурованим фрагментом. Використання другого режиму промивання призводило до деформації або руйнування великих фрагментів, що нарешті призводило до їх вимивання через змодельоване співвустя. У досліді з білково-вуглеводною сумішшю застосування обох методів призвело до очищення моделі пазух, але з різною швидкістю вимивання.

**Висновок.** Найбільш ефективно дренування досягалося за умови вертикального розташування моделей порожнини носа і пазухи, де модель пазухи знаходилася зверху і гравітація допомагала виходу вмісту. Найбільш ефективно використання методу переміщення за Проетцем в лікуванні синуситів буде забезпечуватися в тому випадку, якщо синус, уражений патологічним процесом, буде розташований над порожниною носа, в якій циркулює промивна рідина. З урахуванням того, що метод пульсаційного промивання показав більш високу ефективність, ми вважаємо за необхідне створення пристрою, що дозволяє автоматизувати чергування подачі повітря і рідини з частою і шпаруватістю, що налаштовується, а також підтримує профілі терапевтичного впливу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Калашник М. В., Семенець В. В., Філатов В. О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0.
2. Аврунін О. Г., Бодяньський Є. В., Семенець В. В., Філатов В. О., Шушляпіна Н. О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання. Харків : ХНУРЕ, 2018. 132 с. URL: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-235-7>.
3. Ismail, Husham Farouk, et al. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities. *International Journal of Life Science and Medical Research* 2.3 (2012): 52-55.
4. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Pavlov, S. V., Shushliapina, N. O., Wójcik, W., Kalizhanova, A. (2021). Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1-22. doi:10.3390/s21041198.
5. Avrunin, O. G.; Nosova, Y. V.; Abdelhamid, I. Y.; Pavlov, S. V.; Shushliapina, N. O.; Bouhlal, N. A.; Ormanbekova, A.; Iskakova, A.; Harasim, D. Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations. *Sensors* 2021, 21, 8508. <https://doi.org/10.3390/s21248508>.
6. Я. В. Носова, О. Г. Аврунін, Н. О. Шушляпіна, І. Ю. Абделхамід, і А. Б. Алі Саєд, «Порівняльний аналіз математичних та натурних моделей при визначенні коефіцієнту аеродинамічного носового опору», *Опт-ел. інф-енерг. техн.*, вип. 42, вип.2, с. 33–43, Жов 2022. DOI: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2021-42-2-33-43>.
7. Filsow M. 3D-reconstruction of anatomical structures using rapid prototyping for medical applications / M. Filsow, M. Tymcovych, O. Avrunin. // *Матеріали XV міжнародної конференції «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»* – Кременчук: КрНУ, 2016. – С. 112-113.

УСТАНОВКА ДЛЯ АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ МОЛОДНЯКУ  
ТВАРИН ПРИ ВІДГОДІВЛІ

Семенов О. О., аспірант, e-mail: [fanfan777@ukr.net](mailto:fanfan777@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

Безсонов О. О., д.т.н., проф., e-mail: [o.bezsonov@gmail.com](mailto:o.bezsonov@gmail.com)

Рибалка А. І., к.ф-м.н., доц., e-mail: [ribalka1546@gmail.com](mailto:ribalka1546@gmail.com)

Харківський національний університет радіоелектроніки

**Актуальність дослідження.** Україна традиційно є експортером продукції свинарства в Європі. Передумовою для збільшення експорту свинини є тенденція до зростання її промислового виробництва. Останнє досягається, передусім, завдяки уведенню у виробництво нових комплексів та реконструкція існуючих виробничих потужностей галузі, в тому числі і фермерських господарств. Річна квота на безмитний імпорт свинини до країн Євросоюзу становить близько 40 тис.т, однак, ймовірно, не буде освоєна повною мірою, через невідповідність вимогам існуючим нормативним документам на якість свинини, зокрема за розміром туши тварини в забитому стані. Тому, основним завданням розвитку експортно-орієнтованого виробництва передбачається [1]:

– збільшення кількості підприємств із концентрацією виробництва та досягнення високої продуктивності тварин і показників продуктивності праці, як основи зниження собівартості свинини та підвищення ефективності виробництва;

– для отримання кращих результатів від експорту, в першу чергу до країн ЄС, необхідна модернізація технології виробництва стандартного розміру туші;

– переведення виробництва на сучасні інтенсивні технології з використанням власних кормів і потокової технології виробництва, а саме: перехід на тривалість циклу 182-189 діб з відлученням порослят у 21-35 діб, дорощуванням – 49-56 діб, відгодівлею – 105-112 діб. Все це спонукає до розробки та впровадження технічних рішень щодо автоматизації виробництва та контролю параметрів тварин в свинарстві.

**Мета дослідження.** Розробка способу та його технічної реалізації розпізнання свиней по фотозображенню для ідентифікації породи, визначення геометричних розмірів, живої ваги свиней на основі використання нейромережових моделей.

**Основні матеріали дослідження.** Аналіз зображення за допомогою комп'ютерних технологій та різного роду додатків широко застосовується в різних галузях виробництва, в тому числі і для виробництва свинини. Отже, для виконання сформульованих завдань щодо інтенсифікації та стандартизації ЄС виробництва свинини, доцільно мати можливість постійного контролю за вагою та геометричними розмірами тварин в автоматичному режимі без втручання людини.

Вчасно виявлене відхилення процесу відгодівлі від нормативів дозволяє в режимі реального часу реагувати на зміни умов виробництва та застосування корегувальних дій в процесах годування, параметрів мікроклімату, ін. Тобто, вказаний параметр – жива маса або геометричні розміри, може бути використано в якості контрольного показника. Слід відмітити, що зараз, визначення живої ваги і геометрії тулуба тварини здійснюється обслуговуючим персоналом і є суб'єктивною, а якість оцінки залежить від оператора – його зору, віку, кваліфікації, ін. що є не тільки не ефективним, а й не дозволяє автоматизувати безпосередньо процес оцінки [2].

Відомо, що в процесі реалізації інтенсивної технології вирощування свиней передбачається проведення бонітування – визначення племінної цінності тварин на основі результатів оцінки їх за комплексом ознак, шляхом огляду та аналізу зоотехнічних даних. Вимоги щодо бонітування поширюють на всіх кнурів, свиноматок, ремонтний молодняк при утриманні тварин на племзаводах, племгосподарствах, племфермах, ін. Бонітування проводять зоотехніки або селекціонери із залученням спеціалістів ветеринарної медицини, завідувачів або бригадирів форми чи свинарів-операторів. [3]. Племінних кнурів і свиноматок

оцінюють раз на рік, а свиней, призначених для відгодівлі та забою на м'ясо, при досягненні живої ваги 100 кг або у віці 6, 9 місяців., що є неефективним, внаслідок споживання не виправданих об'ємів корму, ін.

Розроблено нова установка визначення геометричних розмірів тварин, зокрема свині за допомогою метода стереопсиса. Першим етапом у запропонованому алгоритмі є пошук тварин в боксі для утримання. Вказана операція реалізується на основі використання звертової нейронної мережі для визначення тварин на знімку і метода стереопсиса, який дозволяє системі отримати вимір в реальному часі, об'єктів, які розміщуються на різній відстані від камери. Принципи реалізації даного методу ґрунтуються на використанні двох камер, заданими своїми матрицями  $P$  і  $P^1$  у деякій системі координат, тобто є пара відкаліброваних камер [4]. Частіше, систему координат вибирають таким чином, що матриці камер мають вигляд:

$$P = K[I|0], \quad P^1 = K^1[R^1|t^1] \quad (1)$$

це можна реалізувати, якщо вибирати початок координат, який співпадає з центром першої камери і направити вісь  $Z$  вздовж її оптичної вісі (рис.1).

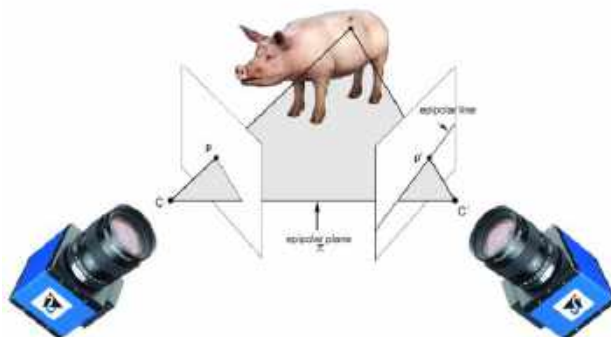


Рис.1 – Отримання зображення на основі епіпольної геометрії

В результаті аналізу отриманих зображень будують карту глибини (*depthmap*) – це зображення, на якому для кожного пікселя, замість кольору зберігається його відстань до камери. Тобто, для кожної точки на одному зображенні виконується пошук парної точки на другому зображенні, а далі по парі, відповідних точок можна виконати триангуляцію та визначення координати їх прообрази у тривимірному просторі. Тобто, визначення тривимірної координати прообразу, глибина розраховується, як відстань до площини камери і можливо визначити реальні розміри об'єктів [5].

**Висновок.** Дослідження макетного зразка розробленої установки дозволяє на фермах швидко і точно в автоматичному режимі визначити живу масу тварини, оцінити їх геометричні розміри, а також розпізнати її породу, при цьому скоротити час вимірювання та усунути суб'єктивну оцінку зі сторони обслуговуючого персоналу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. акад. НААН Гадзала, М.І. Башенка, В.М. Жука, Ю.О. Лупенка – К.: Аграрна наука, 2016. – 216 с.
2. Tasdemir S. Determination of Body Measurements on the Holstein Cows by Digital Image Analysis Method and Estimation of Their Live Weight // Ph. D. thesis, Selcuk University, Konya, Turkey. 2010.
3. Інструкція по веденню племінного обліку у свинарстві – К.: НААН, 2003. – 64 с.
4. Hartley R. Multiple View Geometry / R. Hartley, A. Zisserman // Cambridge University Press. – 2004.
5. Bradski G. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library / G. Bradski, A. Kaehler // O'Reilly Media. – 2008, – 580 pp.

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАВНОВКА ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ СПЕРМОДОЗ  
ПЕРЕД ШТУЧНИМ ОСІМЕНІННЯМ СВИНОМАТОК

Столяров О. В., e-mail: [stolyarov-396@gmail.com](mailto:stolyarov-396@gmail.com)

Лисиченко М. Л., д.т.н., проф., e-mail: [lprlysychenko@ukr.net](mailto:lprlysychenko@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Основною проблемою галузі свинарства, впродовж останніх двох десятиліть, є зменшення поголів'я свиней, і як результат, зниження об'ємів виробництва продукції. Аналіз статистичних даних показує, що найбільших втрат зазнало промислове свинарство, так у цьому сегменті кількість поголів'я зменшилась у 3,6 рази, а частка особистих господарств населення становить майже 50 % поголів'я свиней. Аналіз публічних даних показує, що через нетехнологічні способи вирощування тварин показники середньодобових приростів і виходи життєздатного молодняка при опоросі на одну свиноматку в Україні значно нижчі світових, а втрати тварин навпаки у кілька разів вище. Все це збільшує термін вирощування тварин на м'ясо, в деяких випадках до 10-12 місяців, тоді як в розвинутих країнах не більше 6 місяців [1].

Подальший розвиток свинарства має бути спрямований на підвищення конкурентноздатності галузі за рахунок переходу на сучасні технології та будівництво нових і реконструкцію існуючих свиноферм, модернізацію та інтенсифікацію виробництва на основі інноваційних технологій, спрямованих на прибуткове ведення господарювання та отримання продукції високої якості. Одним із основних завдань є досягнення високої продуктивності тварин.

Найбільш поширеним і ефективним способом відновлення поголів'я молодняка в свинарстві вважається штучне осіменіння свиноматок. Протягом останніх 10-15 років широкого розповсюдження набули дослідження пов'язані з використанням лазерного випромінювання для активізації або відновлення фізико-хімічних процесів в сперміях тварин [2]. Так, доведено, що після лазерної обробки спермодози прискорюється каталазна, фруктозна, окислювальна активність і суттєво змінюється морфологічні характеристики, такі як напрямок і швидкість руху, час переживаємості, ін. В результаті підвищується ймовірність запліднення свиноматок, збільшується кількість поросят в гнізді при опоросі, а на відгодівлі отриманий молодняк більш інтенсивно набирає живу масу і більш високі показники біоенергетичні показники організму [3]. Однак, необхідно дотримуватись рекомендованої дози опромінення або енергії яку отримують спермії в процесі лазерної обробки.

**Мета дослідження.** Розробка автоматизованої установки для лазерної обробки спермодози перед штучним осіменінням свиноматок.

**Основні матеріали досліджень.** Залежність реакції клітин від їх початкового стану на лазерний вплив отримано і в дослідах не тільки із свіжевідбіраною, я і з термостатичною спермою кнурів. Так, в залежності від температури  $+18^{\circ}\text{C}$  і  $+38^{\circ}\text{C}$  спермії активізувались лазерним випромінюванням по різному – в залежності від отриманої енергії (рис. 1), а найбільший ефект спостерігається при  $10^2\text{кДж/м}^2$  ( $\lambda_{\text{вип}} = 670 \pm 5 \text{ нм}$ ). Причому, після зберігання при температурах  $+18^{\circ}\text{C}$  активність підвищувалась на 5-10 % інтенсивніше ніж в пробах з попереднім підвищенням температури до  $+38^{\circ}\text{C}$ . Тобто, необхідно враховувати вихідні параметри сперміїв, тривалість лазерного впливу температури навколишнього середовища, ін.

Розроблена автоматизована установка для лазерної обробки спермодози складається з напівпровідникового джерела лазерного випромінювання, мікроконтролера, датчиків температури, оптичного блока з оптоелектронною парою, витій скляної трубки з водяний термостатом, блоку живлення. Перед початком процесу лазерної обробки формують необхідну кількість спермодоз у відповідності з об'ємом приладу для штучного осіменіння типу ПОС-5. Потім матеріал пропускають по витій скляній трубці з встановленими на



початку і в кінці трубки датчиками температури, які підключені до мікроконтролера і виході із якої розміщено блок з напівпровідниковими лазерами для лазерного впливу. Далі матеріал потрапляє у ємність-відстійник де протягом певного часу стабілізується активність спермій, яка потім контролюється за допомогою оптоелектронної пари, підключеної теж до мікроконтролера. Таким чином, формується зворотній зв'язок для керування дозою лазерної випромінювання і унеможливує передозування, додатково всі контрольні параметри виводяться на мікродісплей мікроконтролера.

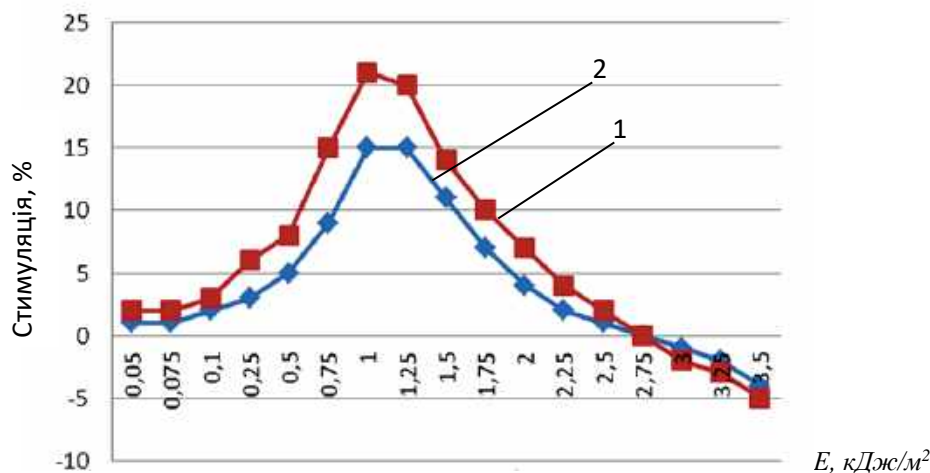


Рис. 1 – Активність спермій в залежності від отриманої енергії:  
1 – рухомість сперій при +18 °C; 2 – при +38 °C

Проведені експериментальні дослідження діючого макетного зразка розробленої установки для лазерної обробки спермодози її ефективно можна використовувати для підвищення активності спермій не тільки у свіжезібраних та термостабілізованих після зберігання спермодозах, а навіть для реабілітації сперій пошкоджених низькими температурами.

**Висновок.** Використання розробленої автоматизованої установки для лазерної обробки спермодози дозволяє оптимізувати процес активізації спермій та уникнути передозування, що забезпечує, як показали експерименти, підвищення ймовірності запліднення на 9-10,5 % та збільшити кількість порослят в гнізді при опоросі на 6,7-14,2 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / за ред. акад. НААН Я. М. Гадзала, М. І. Башенка, В. М. Жука, Ю.О. Лупенка – К.: Аграр. Наука, 2016. – 216 с.
2. Васильев В. С. Фотомодификация ферментативных систем клеток лазерным излучением. // Матер. XXXIV Межд. науч.-прак. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии» (6-9 октября 2010г., м. Судак) – Судак: НПМБК «Лазер и здоровье», 2010. –С. 177-178.
3. Столяров А. В. Моделирование процессов лазерной обработки спермиев хряка / А. В. Столяров, Н. Л. Лисиченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Вип.1. – Т.1. – С. 62-65.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ БІОТРОПНИХ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ІМУНОГЛОБУЛІНІВ У МОЛОЗИВІ ТІЛЬНИХ КОРІВ

Торчук М. В., к.т.н., асис., e-mail: [michael.tmv@gmail.com](mailto:michael.tmv@gmail.com)  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Актуальність дослідження.** Як показують дослідження, в процесі народження, найвищі втрати телят через хвороби бувають до 15-денного віку. На перші 15 днів життя припадає до 60% загибелі телят від загиблих протягом першого року життя. В сучасних умовах для лікування захворювань новонароджених телят досить часто використовують антибіотики і хімічні препарати, що завдають шкоди організму телят, а результати лікування не завжди виявляються ефективними.

Проведений аналіз інфекційних захворювань новонароджених телят показує, що їх хвороби в перші дні життя залежать від кількості імуноглобулінів, що потрапляють в організм телят через молозиво корів. Біофізичний аналіз фізико-хімічних процесів в біологічних об'єктах показує, що в медицині та ветеринарії все більшу увагу привертають електромагнітні методи підвищення імуноглобулінів в молоці [1]. Таким чином, дослідження і розробка способів і електронних систем для підвищення імуноглобулінів у молозиві з використанням імпульсного електромагнітного випромінювання є актуальним завданням у технологічному процесі відтворення сільськогосподарських тварин [2, 3, 4].

**Метою досліджень.** Метою дослідження є визначення оптимальних біотропних параметрів імпульсного електричного поля для підвищення імуноглобулінів у молозиві тільних корів та в подальшому покращення інформаційної імпульсної електромагнітної біотехнології та електронних систем підвищення імуноглобулінів у молозиві корів для збереження новонароджених телят.

**Основні матеріали досліджень.** Профілактика захворювань новонароджених тварин ВРХ, зі зниженням імунного статусу, призвела до необхідності теоретичного та експериментального підтвердження практичної реалізації системи імпульсної електромагнітної біотехнології для підвищення імуноглобулінів у молозиві корів[5].

Відповідно до кола розглянутих завдань та результатів їх вирішення були визначені цілі та завдання експериментальних досліджень:

- експериментальна перевірка теоретичних даних;
- дослідження із застосуванням імпульсного електромагнітного поля випромінювання для підвищення імуноглобулінів у молозиві корів;
- дослідження щодо збереження новонароджених телят у виробництві.

Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз фізіологічних особливостей новонароджених телят і методів лікування їх інфекційних захворювань. Проведено аналіз методів і елементів імунної системи підвищення імуноглобулінів у молозиві тварин, а також на основі теоретичних досліджень визначено основні біотропні параметри імпульсного електромагнітного поля (частота, тривалість і період проходження імпульсів, експозиція, амплітуди напруги в імпульсах), що сприяють підвищенню імуноглобулінів у молозиві тварин великої рогатої худоби. Проведено експериментальні дослідження по впливу інформаційного імпульсного випромінювання на кількість імуноглобулінів у молозиві корів при опромінюванні їх виміні в лабораторних і виробничих умовах;

Для проведення досліджень було підібрано 16 здорових корів, що перебували на останніх днях вагітності, вісім із яких були дослідними, інші контрольними. Утримання тварин та їх годування було однаковим для всіх корів відповідно до санітарних норм. Обробку молочної залози дослідних корів імпульсним випромінюванням проводили щодня о восьмій годині ранку протягом чотирьох днів до народження і шести днів після народження телят.

Динаміку рівня імуноглобулінів визначали в секреті молочної залози у корів дослідної та контрольної групи через 2 години після опромінення молочної залози імпульсним електричним полем[6].Визначення імуноглобулінів у молозиві та молоці корів проводили методом радіальної імунодифузії в гелі по Манчіні спеціалістами Кам'янець-Подільського управління ветеринарної медицини.

Подальші дослідження показали, що в дослідній групі зі 175 телят захворіло всього 17%. В результаті проведених досліджень можна вважати, що збереження новонароджених телят залежить не тільки від підвищення рівня імуноглобулінів в молозиві імолоці, але й за рахунок зниження патогенної мікрофлори під впливом імпульсної обробки молочної залози корів.

Також на підставі аналізу літературних джерел було встановлено, що підвищення імуноглобулінів у молозиві корів для збереження новонароджених телят можливе шляхом обробки молочної залози імпульсним випромінюванням.

В процесі теоретичного аналізу було встановлено, що для підвищення імуноглобулінів у молозиві корів їх молочну залозу слід обробляти імпульсним електричним полем з параметрами: амплітуда напруги імпульсів  $U_m=1-2\text{кВ}$ ; тривалість імпульсів  $=10-7\text{с}$ ; послідовністю імпульсів  $Q=100-110$ ; нахил вершини імпульсу  $0,005U$ ; похибка періоду повторення імпульсів  $10^{-4}\text{Т}$ ; похибка тривалості імпульсів  $\pm 0,01\text{т}$ ; тривалість фронту імпульсу  $10\text{ нс}$ ; тривалість зрізу імпульсу  $20\text{ нс}$ ; період повторення імпульсів  $1,110-5\text{с}$ .

Як впливає з результатів досліджень підвищення рівня імуноглобулінів в 1,4 рази для LgG і в 1,7 рази для LgM в секреті молочної залози новотільних корів і збільшення збереженості новонароджених телят можливо із застосуванням імпульсного електричного поля з параметрами: амплітуда імпульсів напруги  $1\text{кВ}$ ; тривалість імпульсів  $10-7\text{с}$ ; період проходження імпульсів  $=10-5\text{с}$ ; експозиція  $30\text{с}$ .

**Висновок.** У даній роботі проведено теоретичні та експериментальні дослідження з обґрунтуванням і визначення оптимальних біотропних параметрів імпульсного електричного поля для підвищення імуноглобулінів у молозиві тільних корів через імпульсне опромінення їх молочної залози з метою збереження новонароджених телят.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Михайлова Л. М., Дубік В. М., Торчук М. В. Джерело імпульсів для опромінення молочної залози тварин ВРХ / Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка 2018р. – Вип. №28 – С.158-166.
2. Торчук М. В, Добровольська Е. І. Розробка джерела імпульсів для опромінення молочної залози тварин ВРХ / Збірник наукових праць міжнародної науково-практичної конференції «Аграрна наука та освіта Поділля»: Ч.2. -м. Кам'янець-Подільський. 2017.–С.76-78.
3. Михайлова Л. М., Дубік В. М., Торчук М. В. Лікування маститу у свиней електромагнітним полем крайвисокочастотного діапазону / V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасний рух науки» 7-8 лютого 2019, Дніпро. – С.230-233.
4. Дубік В. М., Михайлова Л. М., Гордійчук І. Й., Панцир Ю. І. Визначення оптимальних параметрів електромагнітного випромінювання для пригнічення патогенних мікроорганізмів, що викликають мастит вівцематок / Вісник Львівського національного аграрного університету «Агроінженерні дослідження» 2017. – С.212-219.
5. Михайлова Л. М., Гузенко В. В. (2019). Визначення параметрів електромагнітного випромінювання для лікування диспепсії тварин / Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 1(31), 73–79.
6. Дубік В. М., Мазур В. А., Михайлова Л. М., Торчук М. В. Дослідження залежності параметрів електромагнітного поля від частоти заповнення імпульсів при лікуванні мастита у овець / Збірник наукових праць, Подільського державного аграрно-технічного університету / Технічні науки. 2016. – Вип. 24; Ч.2. – С.262-268.

КТ ОБСТЕЖЕННЯ ЛЮДЕЙ ТА ДОМАШНІХ ТВАРИН З ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА. ВТОРИННИЙ (ПРИДБАНИЙ) СТЕНОЗ ХРЕБЕТНОГО КАНАЛУ

Чеботарьова Г. М., к.м.н., доц., e-mail: [a.m.chebotareva@gmail.com](mailto:a.m.chebotareva@gmail.com)

Національний університет «Одеська політехніка»

Андреева Т. О., аспірант, e-mail: [tamara.andreyeva@gmail.com](mailto:tamara.andreyeva@gmail.com)

Чорноморський національний університет ім. П. Могили

Стоянов О. М., д.м.н., проф., e-mail: [anstoyanov@ukr.net](mailto:anstoyanov@ukr.net)

Одеський національний медичний університет

Бакуменко І. К. к.м.н., e-mail: [kamelia19631508@gmail.com](mailto:kamelia19631508@gmail.com)

Одеська обласна клінічна лікарня

Стоянов А. О. лікар інтерн, e-mail: [anstoyanov@ukr.net](mailto:anstoyanov@ukr.net)

Одеський національний медичний університет

**Актуальність дослідження.** За даними Українського державного науково-дослідного інституту медико-соціальних проблем інвалідності МОЗ України та в довіднику за редакцією А. В. Іпатов і співавторів, (Дніпро, 2021), «Основні показники інвалідності та діяльності медико-соціальних експертних комісій України за 2020 рік», населення Одеської області налічує майже 2,4 млн. людей; із них майже 1,9 млн. відносно дорослого населення та 1,4 млн населення працездатного віку (за винятком осіб 16–17 років станом на 01.01.2020 року, Одеська область, яка у 2020 році приєдналася до регіонів, у яких переважають особи з інвалідністю II групи, випередила лідерів попереднього року. Питомавага осіб з інвалідністю в Одеській області досягла 49,1 %. Тобто, майже половину серед усіх визнаних особами з інвалідністю у 2020 році.

У структурі первинної інвалідності серед дорослого населення в Україні у 2020 році хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини склали 14,2% (13,8 % у 2019 році), а серед осіб працездатного віку – 14,6 % (14,3 % у 2019 році).

Найвищі показники первинно визнаних особами з інвалідністю I А групи внаслідок хвороб кістково-м'язової системи та сполучної тканини у розрізі областей України у 2020 році (у %) зареєстровано в Одеській області – 0,6 %.

Аналіз показників інвалідності внаслідок неврологічних захворювань засвідчує, що за низкою захворювань спостерігається зменшення абсолютних показників первинної інвалідності, що на фоні зменшення кількості населення без суттєвих змін, можливо це пов'язано із карантинном, що був у країні, здебільшого допомога надавалась дистанційно. Отже, цей рік дасть змогу більш достовірно оцінити вплив пандемії COVID-19 на показники первинної інвалідності [1].

Важливим в клініці захворювань сполучної та зв'язкової тканини, що змінюються на тлі дегенеративних змін хребта та виявлення вторинного стенозу є: захворювання хребта-спондиліоз, остеохондроз, спондилоартроз, травми і посттравматичні ушкодження хребта, гематоми, пухлини, спондилолістез, ускладнення після операцій на хребцях і інші. Виділяють придбаний не дегенеративний (результат ускладнень деяких захворювань або травм) і дегенеративний стеноз хребетного каналу (в результаті дистрофічних процесів від деяких захворювань). Вивчення взаємозв'язку анатомо-фізіологічних особливостей будови хребетного каналу у домашніх тварин з проявами дегенеративно-дистрофічного процесу, ускладненнями в вигляді деформації шийного лордозу, кіфотичними змінами, стенозом спинномозкового каналу, компресією та ущільненнями спинного мозку, корінців, гангліїв, венозних сплетінь, тощо, дає підставу думати, що процеси які протікають в шийному відділі хребта (ШВХ) у різних видів ссавців значно відрізняються, але мають і багато спільного [2].

**Метою досліджень** являється проведення ретроспективного аналізу КТ знімків ШВХ у людей з дегенеративно-дистрофічним процесом ШВХ. Порівняти стенотичні зміни ШВХ на тлі міжхребцевого остеохондрозу у людей та різних видів тварин, різних вагових категорій, виявити органічні зміни в хребцях шиї при дегенеративно-дистрофічному процесі із проявами стенозу структур спинномозкового каналу.

**Основні матеріали досліджень.** Методом обстеження для об'єктивності і ефективності дослідження була вибрана комп'ютерна томографія (КТ) шийного відділу хребта людей (n=65) на протязі 2018-2021 років та домашніх тварин (n=75). Віковий період пацієнтів включених в вибірку склав: чоловіки від 29 до 65 років, жінки – від 20 до 65 років. Середній вік у чоловіків склав –  $41,5 \pm 5,4$  роки, у жінок -  $41,5 \pm 4,9$  років. Вік усіх обстежених тварин коливався від 1 до 14 років. Середній вік склав: у котів  $6,2 \pm 2,6$  років ( $43,4 \pm 6,3$  роки - з перерахунком на вік людини); собак, вагою до 20 кг –  $5,8 \pm 2,8$  років ( $40,6 \pm 5,2$  років); собаки вагою від 20 кг -  $6,5 \pm 4,8$  років ( $45,5 \pm 7,0$  років). Перерахунок проводили згідно даних Крістіан Йейтс та ін. (2020) [4].

Хворі скаржилися на слабкість у руках (48-73,8%) осіб, з них слабкість в одній руці відзначали (14-21,5%) людей, в обох руках (34-52,3%). Оніміння в руках відзначали (30-46,1%), міалгії – (15-23,1%), м'язові атрофії (14-21,5%), зміни ходи – (12-18,5%), слабкість у ногах – (13-20), 0%), фасцикулярні посмикування – (2-3,1%) осіб.

Проведено розрахунки середнього показника ширини спинномозкового каналу у людей (n=65), визначено, що у чоловіків такий показник менший, тому і стенотичні зміни ШВХ зустрічалися на 14 % частіше, чим у жінок,. Згідно коефіцієнта Павлова-Торга виявлений стеноз ШВХ у 75 % випадків всіх обстежених. За видовими показниками у тварин, масову частку стенотичних змін спинномозкового каналу ШВХ за коефіцієнтом стенозу Павлова-Торга виявлено: у собак великих порід 25 осіб (n=33) 75,8%, у собак до 10 кг-5 осіб (n=28) 17,9%, у котів ні у однієї особи (n= 14), що абсолютно співпадало з клінічною картиною. У котів, дрібних порід собак і собак вагою менше 10 кг стенозу спинномозкового каналу ШВХ майже не виявлено.

**Висновок.** Порівняльна характеристика дегенеративних змін в хребцях шиї людей та дрібних домашніх тварин, міжхребцевих дисках, міжхребцевих суглобах, морфометричні розміри тіл хребців у різних видів ссавців для визначення нових етіопатогенетичних факторів розвитку міжхребцевого остеохондрозу у людей.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основні показники інвалідності та діяльності медико-соціальних експертних комісій України за 2020 рік. Аналітико-інформаційний довідник Медико-соціальна експертиза. [https://ndimspi.com/wp-content/uploads/StatDovinyk\\_za2020.pdf](https://ndimspi.com/wp-content/uploads/StatDovinyk_za2020.pdf). (дата звернення 29.11.2022) Назва з екрану.

2. Міжнародний центр нейрохірургії, Дегенеративні захворювання хребта - стеноз каналу хребта. <http://www.neurosurgery.com.ua>; <https://garvis.com.ua/stenoz-pozvonochного-kanala> (дата звернення 29.11.2022) Назва з екрану.

ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФІЧНІ ЗМІНИ ШИЙНОГО  
ВІДДІЛУ ХРЕБТА У ССАВЦІВ. КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ

Чеботарьова Г. М. к.м.н., доц., e-mail: [a.m.chebotareva@gmail.com](mailto:a.m.chebotareva@gmail.com)

Національний університет «Одеська політехніка»,

Андреева Т. О., аспірант, e-mail: [tamara.andreyeva@gmail.com](mailto:tamara.andreyeva@gmail.com)

Черноморський національний університет ім. П. Могили,

Стоянов О. М. д-р.мед.наук, професор e-mail: [anstoyanov@ukr.net](mailto:anstoyanov@ukr.net)

кафедра неврології та нейрохірургії ОНМедУ,

Добровольський В. В. к.мед.н., доц. e-mail: [dr\\_dobrovol@ukr.net](mailto:dr_dobrovol@ukr.net)

кафедра неврології та нейрохірургії ОНМедУ,

Гіль О. Л. невролог, e-mail: [anstoyanov@ukr.net](mailto:anstoyanov@ukr.net)

Одеський морський торговельний порт

**Актуальність дослідження.** Існує багато способів діагностики, лікування, профілактичних заходів для ранньої діагностики та профілактики ускладнень у хворих із захворюваннями міжхребцевого остеохондрозу шийного відділу хребта (ШВХ). Це, обумовлено, стабільно високою кількістю хворих працездатного віку, найчастіше незадовільними результатами консервативної терапії, рецидивами больового синдрому після хірургічного лікування [1].

Всі знімки при виконанні КТ-обстеження томографом Philips Mx8000 IDT 16 (Philips, Нідерланди), побудова 3D зображень, MIP (Method of computer visualization of scalar voxel information), MPR (Multiplanar Reconsruction) та SSD или VRT опція дозволили більш детально вивчити особливості будови хребців ШВХ, структур спинномозкового каналу, міжхребцевих суглобів, дужок хребців, тощо. Післяпроцесінгова обробка даних 2D-, 3D-реконструкцій, проекції максимальних інтенсивностей (MIP) і об'ємних реконструкцій, при обох методиках використовували 2 мл на 1 кг ваги тварини. Обробка отриманих даних проводилась на робочих станціях OSIRIX, програмне забезпечення BrillianceWorkspace® , що дозволяє перегляд та аналізувати знімки в реальному часі.

Методом обстеження для об'єктивності і ефективності дослідження була вибрана комп'ютерна томографія (КТ), ретроспективного аналізу КТ знімків у людей с синдромом малокурабельної болі, так і КТ для тварин з аналогічною відповідною клінічною картиною.

Остеохондроз - найпоширеніше порушення хрящових зон росту як у домашніх тварин так і у людей [2]. Патологічні зміни в міжхребцевих дисках у тварин мають відмінний механізм розвитку, так як тварини не є прямо ходячими, на відміну від людей. Для нас це стало важливим в вивченні етіології, патогенезу, та клінічних даних протікання міжхребцевого остеохондрозу ШВХ у людей та тварин.

**Метою досліджень**–З'ясувати причини та наслідки, в тому числі не визначені, від деформації структур спинномозкового каналу, ущільнення спинного мозку, компресії корінців, обмеження рухливості (ШВХ) та порівняннями їх із аналогічною симптоматикою і патологією у людей для пошуку способів та методів лікування для використання, як моделей для вивчення нових етіопатичних і патогенетичних механізмів.

**Основні матеріали досліджень.** Комп'ютерно-томографічні дані знімки у 65 хворих людей із наявністю больового синдрому та дискомфорту в ШВХ, різних видів та порід собак (75 домашніх тварин), що мали аналогічні больові симптоми, виявлено деякі подібності та відмінності в анатомо-морфометричній будові кісткової тканини, що формують спинномозковий канал.

Загально відомо, що високоінформативний метод КТ обстеження, що застосовуються для діагностики пацієнтів в неврології, ортопедії, травматології, лікувальній практиці лікаря, для виявлення дегенеративно-дистрофічних процесів ШВХ у людей та тварин, також

потребує використання спіральної КТ із застосуванням тонких зрізів. Обстеження людей були виконані з допомогою КТ SOMATOM Definition AS в режимі DICOM, технологією оптимальної організації робочого потоку WorkStream 4D™ та технологією оптимізації променевого навантаження CARE Dose 4D і стандартною програмою обробки знімків SyngoOsteo. Для обстеження тварин використали-КТ Philips MX 8000, в режимі DICOM. Вимірювання морфометрично-денсометричної щільності тіл було проведено у одиницях Хаунсфілда (HU), в локалізації максимальної враженості міжхребцевого остеохондрозу, що і є вершиною фізіологічного лордозу, рівень C5-C7. Вибір протоколів сканування (таб. 1) для людей та тварин використовувалися згідно загально прийнятим рекомендаціям виробника КТ- сканерів та стандартизовані.

Таблиця 1 - Середні параметри протоколу сканування людей та тварин

F.O.V. (mm)	Length (mm)	View Angle (deg)	Voltage [KV]	Current [mA]	Filter	Recon
120-140	270-350	90	120	120	C	D
120-140	240-300	90	120	120	C	D
80-100	160-180	90	90	80	C	D
40-60	80-110	90	90	50	C	D

**Висновок.** Об'єктивним та достовірним методом обстеження ШВХ у людей та дрібних домашніх тварин є комп'ютерна томографія, із застосуванням метода обробки знімків за допомогою стандартних програм та побудовою 2D, 3D, МІРта інших реконструкцій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Берсенев В. П., Давыдов В. А., Кондаков Е. Н. Хирургияпозвоночника, спинного мозга и периферическихнервов. СПб: Специальнаялитература, 1998. – 368 с.].
2. Попелянский Я. Ю. Ортопедическая неврология (Вертеброневрология): Руководство для врачей. М., 2003.
3. Bohndorf K: Osteochondritis (osteochondrosis) dissecans: a reviewandnew MRI classification. EurRadiol 8:103–112, 1998.

АСПЕКТИ МОРФОМЕТРІЇ ПРИ КТ ОБСТЕЖЕННІ ЛЮДЕЙ ТА ДОМАШНІХ ТВАРИН  
ІЗ ЗМІНАМИ ПО ТИПУ МІЖХРЕБЦЕВОГО ОСТЕОХОНДРОЗУ  
ШИЙНОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА.  
КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ

Чеботарьова Г. М. к.м.н., доц., e-mail: [a.m.chebotareva@gmail.com](mailto:a.m.chebotareva@gmail.com)

Національний університет «Одеська політехніка»,

Андреева Т. О., аспірант, e-mail: [tamara.andreyeva@gmail.com](mailto:tamara.andreyeva@gmail.com)

Черноморський національний університет ім. П. Могили,

Стоянов О. М. д-р.мед.наук, проф., e-mail: [anstoyanov@ukr.net](mailto:anstoyanov@ukr.net)

кафедра неврології та нейрохірургії ОНМедУ,

Чигринський М. Е. зав. медичним пунктом ІМІ, e-mail: [maxmax899@gmail.com](mailto:maxmax899@gmail.com)

Національний університет "Одеська політехніка"

Калашніков В. Й. к.мед.н., доц., e-mail: [dr.valkalash@gmail.com](mailto:dr.valkalash@gmail.com)

Харківська медична академія післядипломної освіти

**Актуальність дослідження.** Біль у шийному відділі хребта-являється актуальною, нагальною та складною медичною і соціальною проблемою, як приводить до зниження працездатності людей. Захворювання хребта є однією з основних причин інвалідності, економічних труднощів и захворюваності як в Україні так і в усьому світі.

Аналіз показників інвалідності внаслідок міжхребцевого остеохондрозу в регіонах України за час реформування системи охорони здоров'я до початку реформування (2008–2010 рр.) та за період реформування (2016–2020 рр.) внаслідок неврологічних захворювань засвідчує, що за низкою захворювань спостерігається зменшення абсолютних показників первинної інвалідності, що на фоні зменшення кількості населення не призвело до значного зростання або зменшення окремих показників[1].

GSCI пропонує модель, засновану на фактичних даних, яка узгоджується з недавніми закликами до дій щодо зниження глобального тягаря захворювань хребта. Модель вимагає тестування визначення здійсненності. Якщо виявиться, що її можна реалізувати, ця модель обіцяє великі надії на зниження величезного глобального тягаря захворювань хребта [2]. Аналітико-інформаційний довідник хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини посідають третє рангове місце серед дорослого населення України, зі стійкою тенденцією до зростання, а первинна інвалідність у 2016 році зросла на 0,5 % порівняно з 2015 роком (А. В. Іпатов, 2017). Причина виникнення остеохондрозу в даний час остаточно не вивчена. Методом обстеження для об'єктивності і ефективності дослідження шийного відділу хребта (ШВХ) нами була вибрана комп'ютерна томографія (КТ) для обстеження людей та дрібних домашніх тварин.

**Мета досліджень** виявити закономірність та можливий взаємозв'язок між етіологічними, патогенетичними, об'єктивними комп'ютерно-томографічними даними людей та різних груп дрібних домашніх тварин із виконанням морфометрії тіл хребців та спинномозкового каналу, їх сагітальних розмірів з визначенням співвідношення, вперше в КТ діагностиці застосовуючи даний параметр. Відносно порівняння клінічних даних у людей і різних груп та вагової категорії домашніх тварин на тлі дегенеративно-дистрофічного процесу шийного відділу хребта.

**Основні матеріали досліджень.** Для ретроспективного аналізу було включено 65 пацієнтів (чоловіків-25, жінок-40) із неврологічною симптоматикою, яким виконано КТ ШВХ на протязі 2018-2021 років. Проспективно було виконано дослідження 75 дрібним домашнім тваринам (собак великих порід вагою від 20 кг-19; собак маленьких та середніх порід (вагою менше 20 кг-42); та котів-14 осіб із аналогічною симптоматикою. Були проведені клінічні та морфометричні КТ дослідження дегенеративно-дистрофічних процесів



у людей (n=65) та тварин (n=75), проведені порівняльні морфометричні показники сагітального діаметру тіла хребця і спинномозкового каналу на рівні вершини фізіологічного лордозу C5-C7. Також, проведено вирахування середнього віку обстежених людей та тварин з перерахуванням на вік людини за загально відомою формулою еквівалент людського віку =  $16 \times \ln(\text{вік собаки в роках}) + 31$  (рис. 1).



Рис. 1 – Середній вік обстежених тварин

В аналіз роботи включені різні групи тварин, які за віковою категорією наближаються до вікової категорії людей та мають клінічні дані, що до дегенеративно-дистрофічного процесу ШВХ. Всі обстежені пацієнти мали неврологічний дефіцит різного ступеня важкості, наявність больового синдрому, тощо. Діагностика виконувалась на відповідних клінічних базах, а саме на базі діагностичного центру ТОВ «МедкорЮГ», м. Одеса та діагностичного ветеринарного центру ТОВ «Фаворит», м. Одеса.

**Висновок:** Морфометричний, клініко-морфологічний та порівняльний аналіз КТ даних при дегенеративно-дистрофічному ураженні ШВХ у людей та дрібних домашніх тварин на тлі дегенеративно-дистрофічного процесу для визначення нових етіопатогенетичних факторів розвитку міжхребцевого остеохондрозу у людей.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А. В. Іпатов, О. М. Мороз, І. Я. Ханюкова, Н. О. Гондуленко, Н. А. Саніна, А. М. Ульянова. «Основні показники інвалідності та діяльності медико-соціальних експертних комісій України за 2020», 2021, РІК Дніпро, Акцент ПП, 2021 – с. 7-16.

2. Европейский позвоночник J.2018 сен; 27 (приложение 6): 776-785. doi: 10.1007/s00586-018-5722-x. Epub 2018 27 августа.

ПЕРЕДПОСІВНА ФОТОАКТИВАЦІЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ОПТИЧНИМ  
ВИПРОМІНЮВАННЯ РІЗНОГО СПЕКТРУ

Червінський Л. С., д.т.н. проф., e-mail:

Окушко О. В., к.т.н., доц.

Радько І. П., к.т.н., доц.

Наливайко В. А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність та постановка проблеми.** Підвищення урожайності сільськогосподарських культур екологічно чистими агротехнічними методами є вкрай важливим питанням, як в Україні, так і у всьому світі. Часткове вирішення цієї проблеми полягає в провадженні сучасних, економічно вигідних, енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій передпосівної стимуляції насіння зернових культур, направлених на підвищення його якості, врожайності, кліматичної стійкості. Технологія стимуляції схожості та енергії пророщування насіння зернових культур є однією з таких технологій.

**Основні матеріали дослідження.** Найбільш поширеними для покращення посівних якостей та підвищення енергії проростання насіння у світі використовуються хімічні способи активації насіння. Нажаль, вони є фінансово затратними і в своїй більшості шкідливими для екологічного стану навколишнього середовища. Велика увага світовими вченими приділяється розробці мало затратним екологічно чистим методам передпосівної стимуляції насіння, зокрема, енергетична стимуляція оптичним випромінюванням різного спектрального складу [3-6].

Такі дослідження стали можливими завдяки розробці великої кількості потужних світлодіодів різного спектрального складу оптичного випромінювання.

Наприклад, встановлено, що передпосівна стимуляція насіння лазерним випромінюванням дозволяє одержати прибавку врожаю на 11–12 % [4]. Набуло широкого впровадження в умовах закритого ґрунту ультрафіолетове опромінення насіння і рослин. [6]. Дані результати підтверджують актуальність досліджень в даному напрямку. В даних дослідженнях визначено ефективність впливу передпосівної обробки насіння озимої пшениці ультрафіолетовим і інфрачервоним випромінюванням на її схожість та енергію проростання. Причому пошуковими дослідженнями встановлено, що випромінювання різної довжини хвилі спричиняє різний кінцевий ефект

Слід зазначити, що основних переваг метода передпосівної стимуляції зерна інфрачервоним і ультрафіолетовим опроміненням відносяться:

- низька собівартість посівного знезараження і стимуляція насіння;
- суттєве збільшення врожаю, що дозволяє з мінімальними затратами отримати максимальний прибуток;
- значне зростання енергії схожості проростання зерна, яке потрапило під вплив фото стимуляції УФ випромінювання, і, як правило, зниження втрати врожаю за недостатньої вологи ґрунту в період посіву.
- перехід технології отримання рослинної продукції продукції в розряд зелених технологій й органічного землеробства, що сприяє збільшенню експортного потенціалу вирощуваної продукції, зумовлене відмовою від прийому токсичних хімічних препаратів передпосівної обробки насіння.

**Висновок.** Встановлено позитивний вплив передпосівного опромінення різних ділянок оптичного спектру на схожість і ростові показники, зокрема, насіння ячменю та озимої пшениці. Після обробки насіння даним методом підвищується його схожість та збільшується динаміка проростання, що дозволяє мати більш розвинутий і біологічно стійкий посадковий матеріал та дозволяє отримати значну кількісну та якісну прибавку врожаю [6-9].

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 4138 – 2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості / М. Кіндрок, О. Слюсаренко, В. Гечу, та ін.(розроб.) – Офіц.вид. – Чинний від 28.12.2002 – Київ: Держспожив стандарт України, 2003. – ст.170.
2. Грицаенко З. М., Грицаенко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА». 2003.– 20 с.
3. Девятков Н. Д. Источники когерентного излучения и некоторые возможности его действия на жизнедеятельность растений // Проблемы фотоэнергетики растений. Кишинев: Штиинца, 1974. – С. 81 – 82.
4. Вельский А. И. Применение лазерного излучения в растениеводстве / А. И. Вельский // Сборник трудов : Сумской государственной аграрный университет. – Сумы, 1996. – С. 67–68.
5. Алтухов И. В. Воздействие ИК-излучения различных длин волн на семена пшеницы / И. В. Алтухов, В. А. Федотов // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/1 – С. 156–159.
6. Червінський Л. С. Результати пошукових досліджень комбінованого опромінювання насіння/ Л. С. Червінський, О. І. Романенко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2012. - Вип. 174(2). - С. 206-209.
7. Л. С. Червінський, Я. М. Луцак, Ю. В. Шевченко. Обґрунтування принципів керування енергетичною дією світлодіодного випромінювання на біологічні об'єкти// Вісник ХНТУСГ, вип.164. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, С.68-70,2015, Харків.
8. Червінський Л. С. Дослідження фотосинтезної ефективності різних джерел оптичного випромінювання / Червінський Л. С. Луцак Я. М/. Енергетика і автоматика №44(26), Київ: НУБІП, .2015 – 156-160.
9. L. Chervinsky, M. Tregub, S. Makoda . Pre-Sowing Stimulation of Wheat Seed Growth By Infrared Journal of Sustainable Agriculture Journal of Sustainable Agricultures,2022, 6(2): 72-73Radiation. Malaysian.

## ДЕЗІНФЕКЦІЯ ТА СУШКА НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Чорна М. О., к.т.н., доц. e-mail: [masher1533@gmail.com](mailto:masher1533@gmail.com)

Сухін В. В., ст. викл. e-mail: [vv.suhin@btu.kharkov.ua](mailto:vv.suhin@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність.** Нагальною проблемою в області рослинництва є низька якість посівного матеріалу, який в більшості випадків є низької якості через зараження фітопатогенами. Насіння підлягає зараженню і розповсюдженню небезпечних грибків і мікрофлори під час збору урожаю і зберігання, що впливає на схожість рослин, подальший їх розвиток і, звичайно ж, врожайність.

Існуючі на даний час теплові методи сушки та дезінфекції насіння мають ряд істотних недоліків, а саме: не забезпечують оперативного керування технологічними процесами, не є економічно ефективними, не дозволяють досягати необхідної якості продукції. Тому останнім часом проводяться наукові дослідження по використанню електрофізичних методів в технологічних процесах обробки насіння. Найбільш перспективною технологією є застосування енергії електромагнітного поля для опромінення насіння, що викликає тепловий ефект, який призводить до ефективної сушки насіння [1].

**Метою статті** є теоретичне обґрунтування використання електромагнітного випромінювання для сушки та дезінфекції насіння.

**Основні матеріали дослідження.** Як відомо, ефективність перетворення електричного поля в тепло збільшується пропорційно до робочої частоти і квадрата напруженості електричного поля. Збільшувати напруженість електричного поля не можна, так як при досягненні напруженості пробою виникають електричні розряди, що негативно впливають на якість продукції. Тому єдиним можливим шляхом збільшення питомої енергії є збільшення робочої частоти НВЧ діапазону [2].

Це засновано на тому, що харчові і сільськогосподарські продукти є діелектриками, що мають в своєму складі воду. Тому електромагнітна енергія може визвати діелектричний тепловий ефект, фізична суть якого в тому, що змінне електромагнітне поле проникає на деяку глибину всередину діелектричного матеріалу, створюючи коливальну і обертальну дію на диполі води. При цьому за рахунок міжмолекулярного тертя, точніше за рахунок діелектричних втрат енергії, що пов'язані з релаксаційними процесами в полярних діелектриках, діелектрики нагріваються. Такий процес називається діелектричним нагрівом.

Чим ближче частота електромагнітного поля до резонансної частоти диполя води, тим інтенсивніше при одній і тій же потужності нагрівається діелектричний матеріал. Але з підвищенням частоти зменшується глибина проникнення електромагнітного поля в діелектрик [1].

Виділення тепла відбувається за рахунок резонансного коливання диполей води з частотою зміни зовнішнього електричного поля. На відміну від теплових та інших методів сушки, для яких перенос вологи всередині тіла відбувається під дією градієнтів волого утримання, температури і загального тиску, при сушці електромагнітним випромінюванням на перенос вологи впливають термодинамічні сили електричного поля. Вони представляють собою додаткову силу переносу вологи і тепла.

При нагріві всередині вологого тіла виникає тиск парогазової суміші, що перевищує тиск навколишнього середовища. Це призводить до молярного руху парогазової суміші по типу фільтрації. Накладання фільтраційного руху вологи на капілярно-дифузійний перенос приводить до перебудови загального механізму переносу вологи і суттєво зменшує час процесу сушки.

Вода при дії на неї НВЧ енергії виявляє деяку особливість. Цезаключається в тому, що в діапазоні НВЧ тангенс кута діелектричних втрат має максимум і перевищує цей параметр

сухих речовин в 2-3 рази. Дана особливість надає вибірковість дії НВЧ енергії на біологічні матеріали, так як вони завжди мають в своєму складі деяку кількість води.

Вибірковість дії виражається в тому, що при дії НВЧ енергії практично все тепло генерується на вологих ділянках і створюється градієнт температур, направлених зсередини до поверхні матеріалу, що інтенсифікує процес сушки, дезінфекції та стерилізації [2].

Насіння будемо вважати однорідними лінійними діелектричними середовищами. Це означає, що відносна діелектрична  $\epsilon$  і магнітна  $\mu$  проникності матеріалу не залежать від координат, вибраного напрямку і електромагнітного поля. Магнітна проникність дорівнюватиме одиниці. В розрахунках для конкретних матеріалів збереться з довідникової літератури[2].

Насіння, що опромінюється має деяку вологість, а звідси і відносно великі діелектричні втрати. Більш того, діелектричний нагрів відбувається за рахунок цих втрат. Діелектричні параметри зерна і  $\text{tg}\delta$  залежать від його температури і вологості і, відповідно, змінюються в ході технологічного процесу.

Бактерицидний ефект при сушці насіння залежить від фази розвитку бактерій. Окрім фази розвитку на бактерицидний ефект впливає концентрація поживного середовища, кількість бактерій, температура та інші параметри середовища що обробляється. Крім того бактерицидний ефект залежить від виду бактерій, причому для одного виду на одних тих же частотах спостерігається підсилення розмноження, а на інших – послаблення їх зростання.

Основними перевагами використання НВЧ-енергії для сушки насіння є:

– генерація тепла безпосередньо всередині матеріалу (об'ємний нагрів незалежно від теплопровідності);

– висока швидкість нагріву в порівнянні з поверхневим нагрівом;

– відносно мала потужність споживання (зниження потужності в 4-6 рази);

– високий ККД перетворення енергії НВЧ-поля в тепло;

– вибірковість нагріву, тобто вологі ділянки нагріваються швидше;

– безінерційність НВЧ нагріву дає можливість гнучкого і оперативного керування технологічними процесами;

– відсутність нагріву навколишнього середовища;

– відсутність контакту з теплоносієм;

– можливість здійснювати комплексну автоматизацію технологічного процесу;

– зберігання при сушці ферментів, вітамінів, смакових та посівних якостей;

– можливість поєднання НВЧ-нагріву з іншими способами теплової обробки;

– відсутність забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння[2].

**Висновки.** Використання методу НВЧ для дезінфекції та сушки насіння є більш економічним, ніж тепловий метод, так як він дозволяє зменшувати витрати не лише на енергоносії, але і зменшувати виробничі площі, що відводяться для зберігання палива.

При обробці насіння електромагнітним випромінюванням обладнання не нагрівається, що дозволяє вести процес в оптимальному температурному режимі без перегріву окремих ділянок. Це дозволяє здійснювати комплексну автоматизацію всього технологічного процесу. Із застосуванням НВЧ енергії унеможливується забруднення навколишнього середовища, так як немає вихлопних газів, диму, сажі, а також забруднення самого насіння, що обробляється, істотно покращуються умови праці.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чёрная М. А. Анализ проблем предпосевной обработки семян на основе электромагнитных технологий / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2013. – Вип. 141. – С. 93 – 95.

2. Чорна М. О. Використання інформаційних електромагнітних технологій в сільському господарстві / М. О. Чорна, М. В. Вусатий // Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2019. – Вип. 152. – С. 141 – 142.

PULSED CONDUCTOMETRY OF SINGLE CELLS  
IN ELECTRIC FIELD WITH RISING STRENGTH

V. Shigimaga, D.Sci. (Biomed), Prof., e-mail: biovidoc@btu.kharkov.ua  
State Biotechnological University

**Relevance.** In biophysics, bioengineering technologies and biomedicine, various methods based on the phenomenon of electroporation of living cell membrane in a pulsed electric field (PEF) are used [1, 2]. The influence of the field leads to reversible perforation of the membrane or its irreversible rupture and lysis of the cell, depending on the PEF strength. The process and result of the interaction of the membrane and the cell with the field can be observed by nonlinear changes in their overall conductivity with gradually PEF rising strength, i.e. PEFRS. Conductivity in this case is both an indicator and an integral characteristic of the development of the electroporation process with a linear rising in the field strength up to the electrical breakdown of the membrane [3].

**Purpose.** This work was carried out in order to briefly present the possibilities of the pulsed conductometry method and device.

**Results.** To study the dynamics of electroporation, a method and device for pulsed conductometry of single animal cells in PEFRS were developed [2, 3]. The method allows to determine the conductivity of cells and liquid media in the range of  $0.1-10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$  in the PEFRS of  $0-10 \text{ kV}/\text{cm}$  and some biophysical parameters of the cell, for example, capacity [4]. With the help of this method it was easy to justify the necessary modes of influence on the cell of PEF for various technological applications of electroporation [2, 4, 5].

Fig.1 shows the dependences the conductivity of mouse oocyte, 2-cell embryo in 0.3M sucrose on the electric field strength.

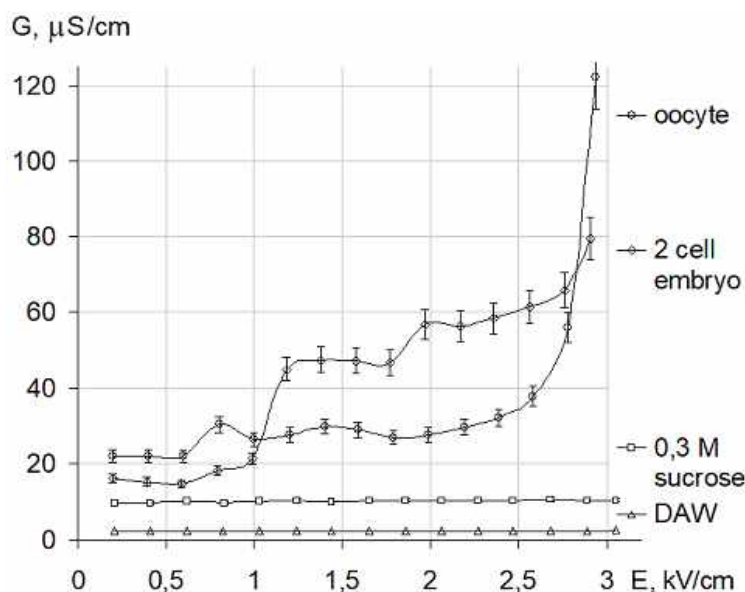


Fig. 1 – Dependences the conductivity of mouse oocyte, 2-cell embryo, deionized apyrogenic water (DAW) and 0.3 M sucrose on field strength

Curve of conductivity of the oocyte has a sharp rise – this is irreversible electric breakdown of the cell membrane at 2.6  $\text{kV}/\text{cm}$ . Curve of conductivity 2-cell embryo shows a reversible breakdown of the contact points of the membranes of two blastomeres (electrofusion) at the field strength about 1.1  $\text{kV}/\text{cm}$  and irreversible at 2.8  $\text{kV}/\text{cm}$ . For both curves is visible multiple reversible electroporation of cell membranes (conductivity oscillations). The conductivity of deionized apyrogenic water (DAW) and 0.3M sucrose as dielectric media do not depend on the field

strength.

Fig. 2 shows the location of a 2-cell mouse embryo between the microelectrodes during conductivity measurements or electrofusion, and on the right is a group of embryos at various stages of fusion.

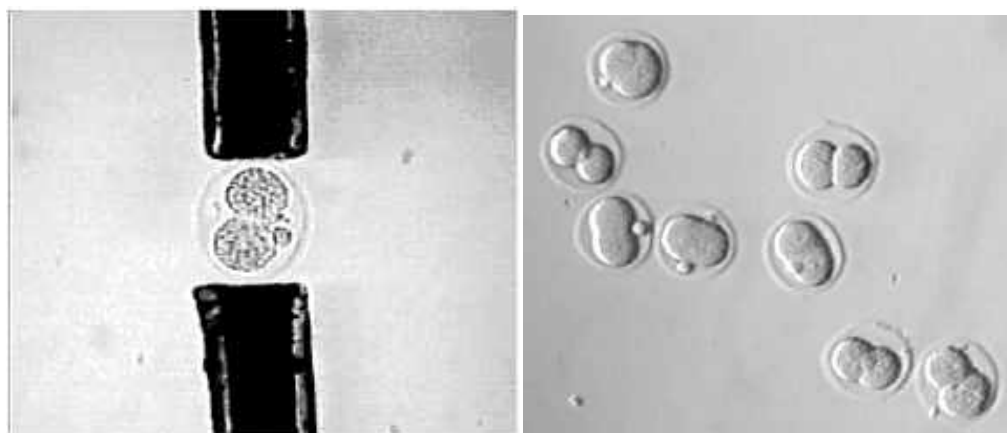


Fig. 2 – Location of 2-cell mouse embryo between the microelectrodes in the process of pulsed conductometry or electrofusion (left) and embryos at different stages of fusion (right)

**Conclusions.** Summarizing the results achieved, it can be concluded that the following methods and cell technologies are implemented on the basis of the method and equipment of pulsed conductometry in PEFRS [1-5]:

1. Determination of the electrical properties of membranes of different species animal cells in different liquid media for bioengineering and cryobiology.
2. Cell electrofusion (cloning, chimeras, etc.), stimulation and activation of in vitro development of oocyte-cumulus complexes and oocytes for use in reproductive biotechnology and cell engineering.
3. Ecological monitoring of the purity of natural waters and liquid foods.

There may be more other applications of the PEFRS method and device, where it is required to study the conductivity of liquid objects in a wide range of field strength in the droplet micro volume.

#### REFERENCES

1. Shigimaga V. A. Pulsed conductometry in a variable electric field: outlook for the development of measurements // *Measurement Techniques*. – 2015. - 57(10). – P. 1213–1218. <https://doi.org/10.1007/s11018-015-0605-6>
2. Shigimaga, V. A. Conductometry in Pulsed Electric Field with Rising Strength: Bioelectrochemical Applications // *Analytical and Bioanalytical Electrochemistry*. - 2019. - 11(5). – P. 598-609.
3. Shigimaga V. A. Pulsed conductometer for biological cells and liquid media//*Measurement Techniques*. – 2013. - 55(11). – P. 1294–1300. <https://doi.org/10.1007/s11018-013-0124-2>
4. Shigimaga V. A. Measurements of the capacitance of a biological cell by a pulse method. *Measurement Techniques*. - 2015. - 57(2). – P. 213-217. <https://doi.org/10.1007/s11018-015-0605-6>
5. Smolyaninova, Ye. I., Shigimaga, V. A., Kolesnikova, A. A., Popivnenko, L. I., Todrin, A. F. Electric Conductivity and Resistance of Mouse Oocyte Membranes to Effect of Pulsed Electric Field in Cryoprotectant Solutions // *Probl. Cryobiol. Cryomed.* - 2018. - 28(4). – P. 311–321. <https://doi.org/10.15407/cryo28.04.311>

## СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

УДК 535.375.54, 66.042.88

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ТЕМПЕРАТУРИ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ АКУМУЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Антипов Є. О., к.т.н., доц., e-mail: [ievgeniy\\_antypov@ukr.net](mailto:ievgeniy_antypov@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Відомо, що з усіх типів існуючих конструкцій теплоаккумуляторів найбільш перспективними є аккумулятори теплоти з фазовими або хімічними перетвореннями акумулюючого матеріалу, які дозволяють забезпечити високу щільність накопиченої енергії і стабільну температуру на виході з теплового аккумулятора. Однак, аналіз робіт [1-5] показав, що такі апарати мають певні недоліки та вказує на необхідність проведення нових досліджень спрямованих на пошук шляхів підвищення робочих характеристик таких теплоаккумуляторів.

**Мета досліджень.** Для розв'язання задач з оптимізації технології виготовлення вітчизняних вискоелективних теплових аккумуляторів на основі фазоперехідних матеріалів органічного походження (на прикладі парафінів) необхідно: дослідити структуру й термодинамічну поведінку парафінів та їх сумішей з різними за хімічним складом твердотільними мікро- та наночастинками; оцінити їх вплив на ефективність зазначених процесів.

**Основні матеріали досліджень.** Дослідження впливу мікро- та наночастинок металів на інтенсивність процесів структурно-фазових перетворень чистих та підсилених парафінів проводилось на розробленій експериментальній установці (рис. 1), яка складається з двох однакових дослідних модулів, один з яких заповнений чистим фазоперехідним матеріалом (парафін марки ТЗ) з температурою фазового переходу  $T_f = 54-56$  °С, а другий – тим же матеріалом але підсиленним теплопровідними включеннями. В якості останніх використано мікро- та наночастинки металу (мідь). Крім того, установка оснащена циліндричним джерелом теплової енергії (ТЕН), потужністю 1,5 кВт, лабораторним автотрансформатором, комплектом контрольно-вимірювального обладнання температур на поверхні ТЕНа, а також в об'ємі акумулюючого матеріалу.



Рис. 1– Зовнішній вигляд експериментальної установки

Для вимірювання температур на поверхні циліндричного джерела теплоти та в об'ємі акумулюючого матеріалу (АМ) використовувались термопари К-типу. Контроль температурних полів безпосередньо в об'ємі АМ проводився за допомогою 5-ти виносних термопар, які створювали так звану «температурну сітку». Ця «сітка» була виконана у вигляді рамки із закріпленими на ній термопарами та розміщена по середині модулів (на



відстані 80 мм від їх торців). Це дозволило відстежити динаміку температурних полів в дослідних модулях.

Дослідні модулі (див. рис. 2) - горизонтально орієнтовані ємності, корпуса яких виготовлені у формі паралелепіпеда, який має наступні розміри: висота  $H = 120$  мм, довжина  $L = 162$  мм, ширина  $B = 112$  мм.

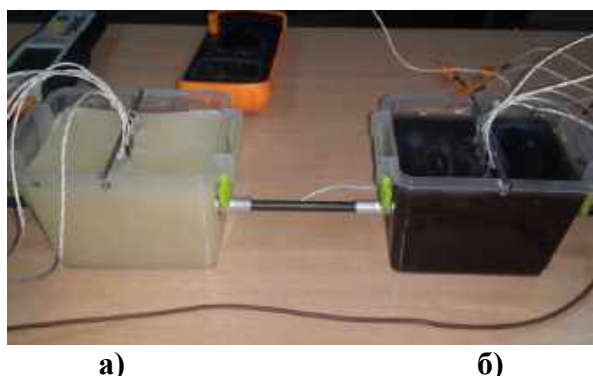


Рис. 2 – Зовнішній вигляд експериментальних модулів: а – з чистим теплоакумуючим матеріалом; б – з підсиленням теплопровідними включеннями АМом.

Маса акумулюючого матеріалу (парафіну) в робочій камері становить  $M_{hm} = 749,9$  г. Теплофізичні властивості акумулюючого матеріалу визначалися в результаті лабораторних досліджень. Оптичне вимірювання товщини та часу появи шару рідкого або кристалізованого акумулюючого матеріалу на теплообмінній поверхні проводилося за допомогою цифрового фотоапарату OLYMPUSVR-310/D-720DIGITAL, який керувався з комп'ютера.

**Висновок.** В результаті проведених досліджень встановлено, що додавання теплопровідних наповнювачів покращує теплопровідні властивості парафіну з металевими наповнювачами, зокрема: отримано більш рівномірний розподіл теплового поля та зниження температури основних фазових переходів у підсиленних теплоакумуючих речовинах, що пов'язано із формуванням у його структурі теплопровідної протяжної мережі, яка утворюється при внесенні теплопровідного наповнювача у парафін; встановлено пришвидшення процесу плавлення теплоакумуючого матеріалу, який розміщений над джерелом теплоти на 10-12 % та на 20-22 % АМу, який розташований на рівні осевої лінії джерела теплоти по обидві сторони від нього; досліджено зростання температурного режиму по всьому об'єму матеріалу твердої фракції підсиленого мідним наповнювачем парафіну, яке у середньому склало 4-6 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pereira da Cunha J., Eames P. Thermal energy storage for low and medium temperature applications using phase change materials – A review. *Appl. Energy* 2016, 177, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.097>.
2. Velraja R., Seeniraja R., Hafnerb B., Faberb C., Schwarzerb K., Heat transfer enhancement in a latent heat storage system. *Sol. Energy* 1999, 65(3), 171–180. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00128-5](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00128-5).
3. Liu L., Su D., Tang Y., Fang G. Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev* 2016, 62, 305-317. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.057>.
4. FanL., KhodadadiJ., Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev* 2011, 15(1), 24–46. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.08.007>.
5. Agyenim F., Hewitt N., Eames P., Smyth M. A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). *Renew. Sust. Energ. Rev* 2010, 14(2), 615–628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.015>.

## В'ЯЗКІСТЬ СИНТЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРНОГО МАСЛА ISO 10

Кравченко В. В., магістр, e-mail: [vladkrav1122@gmail.com](mailto:vladkrav1122@gmail.com)Лапардін М. І., к.т.н., доц., e-mail: [lapardin2004@gmail.com](mailto:lapardin2004@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Холодоагент разом з маслом складають невід'ємну частину системи та забезпечують тривалу роботу компресора в холодильних та кліматичних установках. Компресорні масла створюються на мінеральній, напівсинтетичній або синтетичній основі. Синтетичні масла виробляються, в основному, на базі поліалкіленгліколів (РАГ) та поліальфаолефінів (РАО). Синтетичні масла більш довговічні і мають кращі експлуатаційні властивості, відповідно, коштують дорожче. РАО-масла мають хороші електроізоляційні властивості, низький ступінь гігроскопічності (здатність абсорбувати воду), високий опір гідролізу, хорошу термічну стабільність, сумісність з полімерами, лаками та фарбами, а також антикорозійні властивості по відношенню до кольорових металів. Висока температурна стабільність може значно знизити кількість відмов обладнання, скоротити обсяг технічного обслуговування та збільшити інтервали заміни масла.

**Мета досліджень.** Дана робота присвячена проведенню досліджень теплофізичних властивостей синтетичних мастил, а саме вимірюванню в'язкості масла ISO 10 та розробці апроксимаційного рівняння, що передає термічну залежність в'язкості масла, на основі отриманих експериментальних даних.

**Основні матеріали досліджень.** Для вимірювання в'язкості як один з найбільш надійних і точних методів був обраний метод капіляра. Схема експериментальної установки та її детальний опис представлені в більш ранній нашій роботі [1]. Основним елементом експериментальної установки для вимірювання в'язкості при атмосферному тиску був скляний капілярний віскозиметр типу ВПЖ. Він розміщувався в рідинному термостаті, якій являє собою скляну посудину Дьюара. За допомогою системи термостатування, що включає до свого складу змієвиковий випарник холодильної машини, електричний нагрівач, датчик і блок термостатування, можна було проводити вимірювання у діапазоні температур від 233 К до 373 К. Для вимірювань в'язкості у всьому діапазоні температур в дослідах використовувався набір скляних капілярних віскозиметрів типу ВПЖ4 з діаметрами капіляра від 2.00 до 0.62 мм. Температура досліду підтримувалася постійною з відхиленнями не більше  $\pm 0.3$  К в діапазоні температур 253 ... 293 К і не більше  $\pm 0.2$  К в області температур вище температури навколишнього середовища. Експериментальні вимірювання в'язкості проведені в області температур від 273 до 393К (табл. 1).. В якості графічної ілюстрації отриманих експериментальних даних на рис. 1 показана діаграма в'язкість—температура.

Таблиця 1 - Коефіцієнт кінематичної в'язкості  $\nu$  синтетичного масла ISO 10

В'язкість синтетичного масла ISO 10							
T, К	0	20	40	60	80	100	120
$\nu \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$	56,2	19,9	9,93	5,42	3,66	2,68	2,08

Наведене нижче кореляційне рівняння отримано апроксимацією наших експериментальних даних. Воно дозволяє розрахувати в'язкість масла ISO 10 у зазначених вище межах діапазону температур.

$$\log \nu = \sum_{i=0}^3 a_i \cdot (T / 100)^i \quad (1)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості,  $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $a_i$  – коефіцієнти,  $T$  – температура у К.

Таблиця 2 – Коефіцієнти рівняння (1) для синтетичного масла ISO 10

Коефіцієнти $a_i$				
$i$	0	1	2	3
$a_i$	29,359	-21,003	5,1833	-0,4375

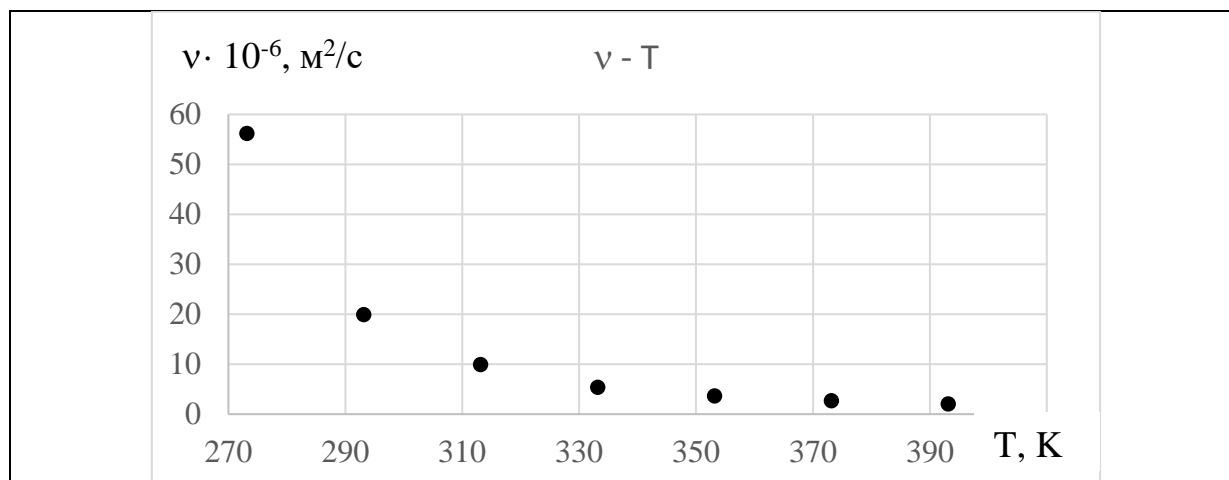


Рис.1 – В'язкість синтетичного масла ISO 10

Відхилення розрахованих за рівнянням (1) значень від експериментальних даних коефіцієнта кінематичної в'язкості масла ISO 10 в залежності від температури показані на рис. 2.

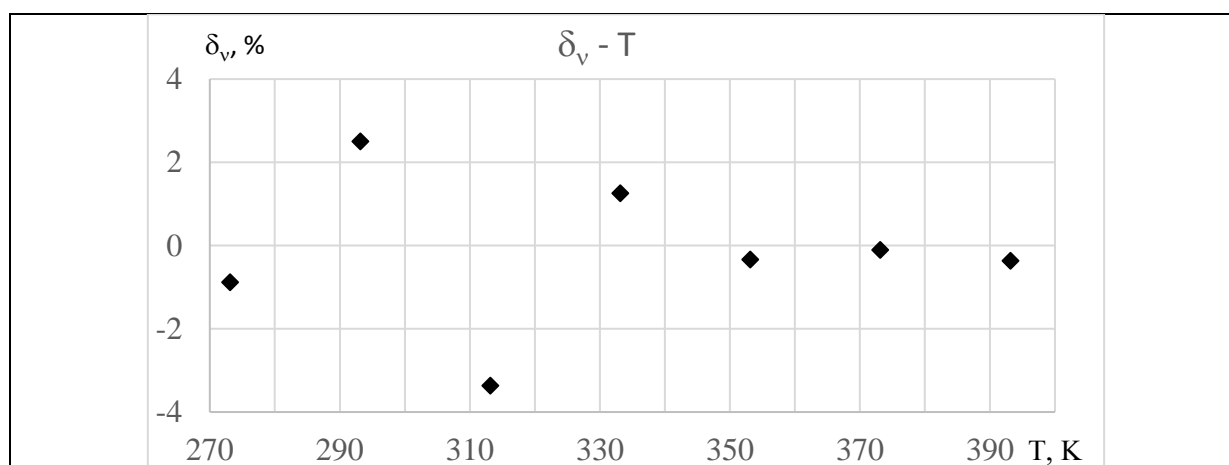


Рис. 2 – Відхилення розрахованих за рівнянням (1) значень від експериментальних даних щодо в'язкості масла ISO 10

**Висновки.** Проведено експериментальні вимірювання в'язкості масла ISO 10 в діапазоні температур 233...393К. Апроксимація експериментальних даних по в'язкості, як функції температури, рівнянням (1) проведена з середньоквадратичною похибкою 1,8% при максимальному відхиленні 3,4%. Наведене вище рівняння дозволяє проводити розрахунки в'язкості досліджуваної суміші з точністю, що задовольняє інженерну практику.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Лапардин, Н. И. Термодинамические и переносные свойства смеси R410В со смазочным маслом [Текст] / Н. И. Лапардин, В. З. Геллер // Пищевая наука и технология. – 2009. – № 4 (9). – С. 78-81.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БІОРЕМЕДІАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОДЕГРАДАЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ

Крусір Г. В., д.т.н., проф., e-mail: [krussir.65@gmail.com](mailto:krussir.65@gmail.com)

Купріяшкіна О. В., аспірант., e-mail: [lenakupe@ukr.net](mailto:lenakupe@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Протягом багатьох років у навколишнє середовище скидаються великі обсяги нафтовмісних стічних вод від нафтохімічної промисловості, нафтопереробки, зберігання та транспортування нафти та нафтопродуктів. Забруднення нафтовмісними стічними водами проявляється в багатьох аспектах, включаючи вплив на запаси питних та підземних вод, загрозу водним ресурсам, негативний вплив на здоров'я людей, руйнування природних ландшафтів [1-3].

**Основні матеріали досліджень.** Для видалення різних компонентів і форм нафти з різних джерел нафтовмісних стічних вод необхідні різні стратегії очищення. Механічні та фізико-хімічні підходи щодо очищення нафтовмісних стічних вод є занадто дорогими у застосуванні та недостатньо ефективними. Процес біологічного очищення – біоремедіація має великий потенціал і конкурентні переваги у порівнянні з іншими методами через екологічну безпечність, економічну ефективність і високий ступінь розкладання забруднення. В огляді висвітлюється роль мікроорганізмів, що є деструкторами нафти та нафтопродуктів у біологічному очищенні, а також розглядаються підходи до вирішення проблем, зокрема підвищення біоремедіації через формування відповідних умов середовища біодеградації. Успіх застосування біологічних методів очищення нафтовмісних стічних вод залежить від здатності контролювати низку чинників та встановлювати і підтримувати умови, які сприяють підвищенню швидкості біодеградації вуглеводнів. Для того, щоб біодеградація нафтопродуктів відбувалась успішно, необхідно слідувати наступним умовам:

1. *Вплив температури.* Температура впливає на фізичну природу і хімічний склад вуглеводнів. Вона визначає кількість вуглеводнів, які залишаються після випаровування, і доступність поверхні нафти для доступу мікроорганізмів, що б забезпечити процес біологічного розкладання. При низьких температурах в'язкість нафти збільшується, зменшуючи випаровування токсичних коротколанцюгових алканів і розчинність нафти [4]. Швидкість біодеградації також зменшується зі зниженням температури через зниження швидкості ферментативної активності бактерій. Більш високі температури зменшують в'язкість вуглеводнів і збільшують випаровування компонентів, розчинність нафти і швидкість мікробного метаболізму [5]. Оптимальна температура біодеградації вуглеводнів бактеріями знаходиться в межах від 30 до 40 °С, вищі температури підвищують токсичність вуглеводнів для бактерій.

2. *Вплив рН.* рН стічних вод впливає на біодеградацію вуглеводнів, а також на такі процеси, як клітинний мембранний транспорт, баланс клітинних реакцій та активність ферментів. Більшість гетеротрофних бактерій надають перевагу нейтральному або лужному рН в діапазоні 7,2-8,5 [4]. Дослідниками Аль-Малаком та 156н. встановлено, що мікробна мінералізація нафталінів та октадеканів може відбуватися при рН 6,5.

3. *Вплив солоності.* Ферментивна активність мікроорганізмів може бути сильно пригнічена через токсичний вплив. Наприклад, різке підвищення солоності призводить до осмотичного тиску на клітинну мембрану, включаючи зневоднення і, в кінцевому рахунку, плазмоліз, що призводить до зниження осаджуваності осаду і біофлокуляції [6,7]. Токсичний вплив знесолення можна подолати шляхом поступової акліматизації бактерій до умов високого засолення. Для очищення солоних нафтовмісних стічних вод перевагу надають галофільним та галотолерантним морським мікроорганізмам.

4. *Вплив аерації.* Постачання кисню має вирішальне значення для аеробного розкладання, оскільки він функціонує як кінцевий акцептор електронів у процесі метаболізму вуглеводнів, що робить аерацію важливим параметром, який слід враховувати при очищенні стічних вод. Надмірна аерація може призвести до дисперсії бактерій, що призводить до поганої біодеградації. З іншого боку, низька аерація може створювати

анаеробні умови. Таким чином, дуже важливо знайти оптимальну швидкість аерації, щоб забезпечити мікроорганізми достатньою кількістю кисню для здійснення метаболічних процесів і в той же час не порушити флокуляцію.

5. *Вплив поживних речовин.* Розвиток гетеротрофних бактерій залежить від поживних елементів та акцептора електронів, такого як кисень, для біодеградації аеробними бактеріями [8]. Нестача будь-якого з цих елементів перешкоджає росту та метаболізму мікроорганізму. Бактерії, відповідальні за розкладання вуглеводнів, потребують фіксованого джерела азоту, такого як  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  (неорганічні) та деякі органічні джерела азоту. Фосфор є ще однією поживною речовиною для мікробної популяції, оскільки він використовується для синтезу аденозинтрифосфату (АТФ), нуклеїнових кислот і компонентів клітинної мембрани. Коли їжі не вистачає, бактерії починають втрачати свою рухливість і скупчуються разом, утворюючи щільні пластівці, легко осідають [4]. Підтримання біомаси є кращим рішенням, а ніж виробництво додаткової біомаси.

6. *Вільний доступ до нафтопродукту.* Мікроорганізми повинні мати доступ до нафтопродуктів. Такі розчинні компоненти, як бензол, толуол, етилбензол та ксилоли вимиваються з нафти і палив, але мають дуже низьку розчинність у водному середовищі, і тому розкладання більшості нафтопродуктів відбувається на поверхні розподілу вуглеводні-вода. Збільшення площі доступу мікроорганізмів є важливим інструментом для прискорення біодеградації.

7. *Значення балансу мас.* Баланс мас, особливо в частинні додавання поживних речовин, таких як N і P, може підвищити ефективність біодеградації за рахунок оптимізації співвідношення C: N: P. Проте, відповідний розрахунок і спосіб введення мають велике значення, так як недостатній ступінь додавання поживних речовин не зможе вплинути на процес біодеградації, але надмірна їх кількість спричинятиме токсичні ефекти для мікроорганізмів.

**Висновки.** Розглянуті підходи щодо формування сприятливих умов середовища для прискорення біодеградації нафтовмісних стічних вод розкривають проблему, що показує недоліки біоремедіації, серед яких необхідність контролю великої кількості зовнішніх факторів. Але великою перевагою біологічного очищення це значно дешева вартість біотехнологій. Виходячи з вищезазначеного, для підвищення ефективності процесу біодеградації важливо використовувати мікроорганізми, здатні до високо ефективної нафтодеструкції і є комерційно доступними, ідентифікованими та наявними у вигляді збагаченої культури.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kuyukina M. S., Krivoruchko A. V., Ivshina I. B., Advanced bioreactor treatments of hydro carbon-containing waste water. Appl.Sci.2020.
2. Ghimire N., Wang S., Biological treatment of petrochemical wastewater. In petroleum chemicals-recent insight; Zoveidavi an poor, in tech open: London, UK,2019.
3. Tanudjaja H. J., Hejase C. A., Tarabara V. V., Fane A. G., Chew J. W. Membrane-based separation for oil y waste water: A practical perspective. Waterres. 2019, 156.
4. Al-Hawash, M. A. Dragh, Li S., Alhujaily A., Abbood H.A., Zhang X., Ma F. Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbon sin the environment. Egypt J. Aquat. Res. 2018, 44.
5. Iorhemen, O. T., Hamza, R. A., Tay, J.H. Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling. Membranes2016.
6. Capodici, M., Cosenza, A., Di Bella, G., Di Trapani, D., Viviani, G., Mannina, G. High Salinity Wastewater Treatment by Membrane Bioreactors. In Current Development sin Biotechnology and Bioengineering; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; ISBN 978-0-12-819854-4.
7. Ferrer-Polonio E., García-Quijano N. T., Mendoza-Roca J. A., Iborra-Clar A., Pastor-Alcañiz L. Effect of alternating anaerobic and aerobic phases on the performance of a SBR treating effluents with high salinity and phenols concentration. Biochem. Eng. J. 2016, 113.
8. Ubani, O., Atagana, I.H., Thantsha, S.M. Biological degradation of oil sludge: A review of the current state of development. Afr. J. Biotechnol. 2013, 12.

## ПІДГОТОВКА КАДРІВ НА БАЗІ МІКРО-КВАЛІФІКАЦІЇ

Кухаренко В. М. к.т.н., доц.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Актуальність дослідження.** У світі дуже широко використовується термін Micro-credentials, який може перекладатись як мікро-кваліфікація або мікро-реєстраційні дані [1-3]. Мікро-кваліфікація – це цифрові сертифікати (цифровий бейдж), які підтверджують компетентність особи в певній навичці чи наборі навичок.

Однією з найбільш важливих проблем, пов'язаних з мікро-кваліфікаціями, є їх визнання для подальшого навчання або працевлаштування державними органами, вищими навчальними закладами та роботодавцями [2]. Без визнання вони не можуть бути інтегровані в національні та міжнародні екосистеми навчання.

Постачальники вищої освіти можуть розділити свої дипломні та кваліфікаційні програми на окремі компоненти або модулі з механізмами залучення зацікавлених сторін для підвищення відповідності та узгодження мікро-кваліфікаційних програм із відповідними національними рамками кваліфікації і стандартами якості, що стосуються окремих предметів.

Мікро-кваліфікація засвідчує результати короткострокового навчання, наприклад короткого курсу або тренінгу. Вона пропонує гнучкий, цілеспрямований спосіб допомогти людям розвинути знання, навички та компетенції, необхідні для їх особистого та професійного розвитку.

**Метою досліджень.** Аналіз освітнього стандарту спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освітньо-професійної програми "Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря", формування репозитарію компетентностей та навчального плану для мікро-кваліфікації

**Основні матеріали досліджень.** Використання мікро-кваліфікації, організація якої базується на вже давно відомому мікро навчанні, стало поширюватись у зв'язку з появою необхідної бази. А саме:

- На кожен спеціальність є освітній стандарт, в якому сформульовані компетентності та результати навчання
- Промисловість на свою спеціальність готує або підготувала професійні стандарти

Це дозволяє структурувати компетентності, визначити завдання для опанування діяльністю до кожної з них. Як результат ми можемо визначити необхідні мікро-уроки та їх комбінацію обсягом до 0,5 кредиту (мікро-кваліфікація).

Переваги мікро-кваліфікаційних програм;

- більш доступні для тих, хто бажає навчатись.
- можуть допомогти зробити надання вищої освіти більш ефективним і актуальним.
- роблять можливим персоналізоване та гнучке навчання.
- прокладають шлях для нетрадиційних постачальників вищої освіти.

Але для впровадження мікро-кваліфікацій необхідні інструменти. Таку можливість надає Moodle:

- Всі структуровані компетентності можуть бути збережені у фреймворку компетентностей.
- Можна створити низку індивідуальних навчальних планів мікро-кваліфікації або загальний навчальний план спеціальності
- До кожної активності у дистанційному курсі необхідно підключити показник компетентності.

Досягнення показника компетентності можна фіксувати автоматично або вручну викладачем та відслідковувати через систему звітів Moodle.

Для формування мікро-кваліфікацій необхідно на базі освітнього стандарту виконати структурування компетентностей, а саме, визначити показники, які описують діяльність фахівця на рівні методів, алгоритмів та операцій. Ця робота виконується за участю викладачів, які беруть участь у підготовці фахівців та гаранта спеціальності. Результат роботи бажано представити у вигляді карти спеціальності. Деякі дисципліни, наприклад теоретичні основи низькотемпературної техніки, дозволяють визначити мікро-кваліфікацію - робочі тіла холодильної техніки.

Наступним кроком має бути узгодження карти спеціальності з професійним стандартом, теж представленим у вигляді карти професійної спеціальності. Сумісна робота викладачів та замовників дозволяє визначити мікро-кваліфікації для всієї спеціальності. Але на першому етапі мікро-кваліфікації може визначати кафедра або викладач.

Для курсів, які викладав автор був створений репозитарій компетентностей частини спеціальності, підключений до завдань курсів, та створений навчальні плани для цих дисциплін. Система тестових завдань по курсам дозволяє оцінити отримані компетентності.

Перехід у системі підвищення кваліфікації на мікро-кваліфікації дозволить викладачу самостійно визначати шлях отримання потрібних компетентностей та підтверджувати їх або засвоювати через мікро-уроки, які пропонує система.

**Висновок.** Сучасні технології дозволяють створити систему мікро-кваліфікацій з спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» з використанням LMS Moodle, яка забезпечує оцінювання фахових компетентностей та виконання студентом індивідуального навчального плану. Система мікро-кваліфікацій – це сумісна розробка представників університетів та виробництва, окремі мікро-кваліфікації можуть створювати викладачі університетів на вимогу представників виробництва.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Danny Kirk. What Are Micro-Credentials, And Why Are They So Exciting? October 18, 2016 URL: <https://makered.org/blog/what-are-micro-credentials-why-are-they-exciting/>(дата звернення 10.11.2022)
2. Brendan O'Malley. Better reporting of attacks on higher education needed URL: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20220916144919803>(дата звернення 10.11.2022)
3. Lauren Acree. 7 Lessons Learned From Implementing Micro-credentials URL: <https://digitalpromise.org/2016/01/25/7-lessons-learned-from-implementing-micro-credentials/>(дата звернення 10.11.2022).

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ  
СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

Петренко О. В., к.т.н., доц., e-mail: [petrenkoolena23@gmail.com](mailto:petrenkoolena23@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

Білецький Е. В., д.т.н., проф., e-mail: [bileckyj.e@gmail.com](mailto:bileckyj.e@gmail.com)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** При розробці та експлуатації систем охолодження та кондиціонування (СОК) потрібно проводити численні дослідження та розрахунки які пов'язані з:

- оцінкою різних технічних та техніко-економічних показників, що характеризують властивості як окремих підсистем, так і системи загалом;
- вибором оптимальних структур окремих підсистем та структури всієї системи;
- вибором оптимальних значень параметрів системи.

Виконання таких досліджень можливе лише за умови використання методів математичного моделювання з використанням системного підходу. При цьому уявляється, що СОК складається з безлічі взаємодіючих підсистем та елементів.

**Мета досліджень.** Аналіз [1, 2] показує, що СОК може бути об'єктом системного підходу. Основна мета системного підходу – виявити механізм функціонування системи охолодження та кондиціонування, а управляючих систем – забезпечити адаптацію до умов експлуатації, що змінюються. Завдання оптимізації холодильних систем збігається з метою системного підходу – забезпечити максимальну ефективність роботи системи за змінних умов експлуатації.

**Основні матеріали досліджень.** Серед системних досліджень особливе місце займає опис будови системних об'єктів. Ці дослідження спираються на ряд понять, серед яких насамперед слід зазначити поняття системи [1, 2].

Системою називають сукупність будь-яким способом виділених реальних чи уявних елементів [2]. Ця сукупність є системою, якщо:

- задані зв'язки між цими елементами;
- кожен із елементів усередині системи вважається неподільним;
- із довкіллям система взаємодіє як ціле;
- при зміні в часі сукупність вважатиметься однією системою, якщо між її елементами у різні моменти часу можна провести однозначну відповідність роботи системи за змінних умов експлуатації.

Системний підхід базується на розгляді холодильної системи у взаємозв'язку з навколишніми підсистемами та об'єктами. При цьому:

- задані зв'язки між окремими елементами СОК;
- кожен елемент вважається неподільним;
- з довкіллям система взаємодіє як ціле, тобто система розглядається як цілісна множина взаємопов'язаних умовно неподільних елементів.

Наявність зв'язків між окремими елементами холодильної системи означає, що зміна параметрів у будь-якому з елементів викликає зміну параметрів інших елементів системи. Зв'язки між окремими елементами відносяться до категорій внутрішніх зв'язків, за допомогою зовнішніх зв'язків здійснюється взаємодія між холодильною системою та навколишнім середовищем.

Система охолодження та кондиціонування у загальному випадку може розглядатися як багаторівнева ієрархічна структура, якій притаманні такі властивості: вертикальна супідрядність; пріоритет дій підсистем верхнього рівня; взаємозалежність дій.



Вертикальна підпорядкованість означає, що будь-яка ієрархія полягає з послідовного розташованих вертикально взаємодіючих підсистем, що становлять СОК. Пріоритет дій підсистем верхнього рівня носить для нижчерозташованих рівнів обов'язковий характер.

Ієрархія задач математичного моделювання, оптимального проектування та експлуатації формується на базі прийнятої ієрархії СОК. При цьому надзвичайно важливо правильно визначити склад оптимізованих параметрів, основні обмеження та критерій оптимальності холодильної системи. Для оптимізації холодильної системи, що мають тривалий період функціонування, завдання оптимізації може бути зведене до визначення поєднання термодинамічних, витратних, конструктивних параметрів та безпосередньо самої холодильної схеми, при яких виробництво холоду здійснюється з мінімальними енергетичними витратами під час виконання технологічного регламенту та всіх внутрішніх та зовнішніх обмежень.

Слід виділити кілька основних етапів системного підходу для СОК:

- виділення холодильної системи із загального комплексу технологічних виробництв у вигляді окремої холодоенергетичної системи;
- формування взаємозв'язку холодильної системи з іншими системами виробництва;
- формування холодильної схеми;
- формування системи взаємозв'язку окремих підсистем;
- формування комплексу моделей, що забезпечує вирішення завдань оптимального проектування чи експлуатації СОК.

**Висновки.** Етапи системного підходу дозволяють вирішити проблему розмірності задачі. Подання системи холодопостачання у вигляді ієрархічної структури дозволяє значно скоротити розмірність системи.

Найбільш доцільне виділення певної кількості ієрархічних рівнів відповідно до попередньої формалізацією та метою математичного моделювання:

- система охолодження та кондиціонування в цілому;
- енергетичні (основні та допоміжні) комплекси
- окремі підсистеми, що включають групи обладнання;
- окремі види обладнання (елементи);
- окремі елементарні процеси.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виклюк Я. І. Моделювання складних систем: посібник / Я. І. Виклюк, Р. М. Камінський, В. В. Пасічник – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с.
2. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К. : Вид. група ВНУ, 2007. – 546 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ  
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА  
ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР

Петушенко С. М., к.т.н., викл., e-mail: [sergeinp1965@gmail.com](mailto:sergeinp1965@gmail.com)

ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

Тітлов О. С., д.т.н., проф., e-mail: [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com)

Одеський національний технологічний університет (ОНТУ)

**Актуальність дослідження.** У сучасному світі все більш затребуваними стають системи холодильної техніки, зокрема, системи безперервного холодильного ланцюга, без яких не можна в повній мірі забезпечити продовольчу безпеку. Особливий інтерес має місце до систем штучного охолодження в зерновому господарстві України, яке є однією з бюджетоутворюючих галузей країни. Зерно - це один з найважливіших основних продуктів харчування людини, для вирощування і збору якого залучаються великі ресурси. Післязбиральна обробка і зберігання - це ключова ланка у виробництві зерна. Скорочення втрат зерна на всіх етапах збирання, транспортування, зберігання і переробки і забезпечення його схоронності визначається технологією післязбиральної обробки. Слід зазначити, що серед усіх типів зернових продуктів найбільший ефект від первинної низькотемпературної обробки може бути досягнутий для сортів дрібного зерна (ріпак, льон, просо, гірчиця [1,2]).

У зв'язку з вищевикладеним **актуальною** стає розробка систем первинної низькотемпературної обробки та зберігання дрібнонасіненного зерна, в якій враховуються особливості процесів тепломасообміну між зерном і охолодженим повітрям і мінімізуються енерговитрати при виробництві штучного холоду.

**Основні матеріали дослідження.** Виконано теоретичні дослідження систем охолодження для первинної низькотемпературної обробки та зберігання зерна дрібнонасіненных культур.

На першому етапі було виконано моделювання процесів тепломасообміну при охолодженні нерухомому шару зерна. При розробці методу моделювання було врахована односпрямованість потоків тепла і маси, на відміну від взаємодії з зерном нагрітого повітря або продуктів згорання. Система рівнянь отримана при наступних припущеннях: нерівномірністю температурного поля в елементах продукції можна знехтувати; теплофізичні властивості елементів насипу і повітря прийняті незалежними від температури; швидкість повітря незмінна по висоті насипу і в часі; внутрішній термічний опір зерна ріпаку безконечно малий; інтенсивністю дихання зерна в процесі охолодження повітрям можна знехтувати, так як при зниженні температури дихання знижується, а при температурах (від 0 до 10 °С) інтенсивність дихання зерна дуже незначна; співвідношення інтенсивності процесів конвективного теплообміну і масообміну в процесі продувки повітря через шар зерна не змінюється по висоті шару.

Проведено аналіз еколого-енергетичних характеристик сучасного холодильного обладнання на різних робочих тілах для визначення перспектив використання в польових умовах. Наведено, що найбільші перспективи в системах первинного охолодження зерна має природна робоча речовина — аміак, який володіє до того ж найкращими екологічними характеристиками. Відповідно в частині холодопродуктивності і енергетичної ефективності і незалежності від водних ресурсів можна рекомендувати аміачні парокомпресійні холодильні машини. Проведення експериментальних досліджень на установці виконувалося наступним чином [3]. Спочатку проводилося тарування швидкості руху повітря на виході з зернового шару. Для цього в експериментальний осередок містилося зерно ріпаку. Висота засипки визначалася мірною шкалою на прозорому віконці відповідно 100 мм, 200 мм і 275 мм. Отримане рівняння для визначення коефіцієнта конвективного теплообміну ріпаку матиме такий вигляд:

$$Nu = 2 + 0.2 \cdot Re_{\varnothing}^{0.5} \cdot Pr^{0.33} \cdot \left(\frac{d}{h}\right)^{1.423},$$

$$\text{Діапазон зміни симплекса: } 1,1 \leq \left(\frac{d}{h}\right) \leq 0,37$$

Обробка експериментальних результатів дозволяє отримати апроксимаційні залежність коефіцієнта масообміну від висоти шару зерна ріпаку

$$\beta^{-1} = (1,5052 + 0,9574 \cdot H \cdot \ln H - 1,3799) \cdot 10^{-10}, \text{кз} / (\text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2) \quad (7)$$

де  $H$ - висота шару зерна ріпаку, мм.

Аналогічний вид залежності має рушійний натиск парціальних тисків  $\Delta P_{пв}$  процесі випаровування вологи з зерна в потік повітря

$$\Delta P_{п}^{-1} = \left(4,6104 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0393 / H - 0,0024 \cdot e^{-H}\right), \text{Па}. \quad (8)$$

де  $H$ - висота шару зерна ріпаку, мм.

Розроблені перспективні схеми і конструкції систем первинної низькотемпературної обробки та зберігання зерна дрібнонасіненних культур [4].

Комбінована компресійно-абсорбційна водоаміачна холодильна машина дозволяє відмовитися від використання мережевих електричних джерел протягом 7 місяців на рік. Така холодильна машина може бути виконана в транспортному автономному виконанні і вирішувати завдання кондиціонування повітря в польових умовах. Для адаптації до польових умов абсорбер виконаний з двофазними термосифонами і з повітряним відводом тепла в навколишнє середовище.

Запропоновано дві базові конструкції систем повітряного охолодження зерна - контейнерного і підлогового типу. Обидві системи можуть вирішувати завдання первинної холодильної обробки зернової продукції і вибір будь-якої системи залежить від конкретних умов фермерського господарства: обсягу продукції, місця розташування сховища, логістики.

**Висновок.** Збільшення терміну якісного зберігання зерна до 1 року дозволяє фермерському господарству отримати економічний ефект від різниці закупівельних цін. Різниця закупівельних цін в період збору врожаю і посівної компанії, наприклад, для ріпаку в минулому році становить 240 доларів США за кожен тону.

Розрахунок економічних показників розробки типового фермерського господарства з урахуванням сформованих на 2021 рік ринкових цін на роботи, обладнання та комплектуючі матеріали показав, що окупність проекту складе 4,9 року при будівництві з "нульового" циклу і 4,4 року - при наявності вже існуючих будівель.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Станкевич Г. Н., Овсянникова Л. К., Кудашев С. Н., Петушенко С. Н. Анализ перспектив применения холода для хранения зерна. Научный труды ОНАХТ. 2009. Вып.35. Т.1. С.49-53.
2. Петушенко С. Н. Современное состояние техники и технологии низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур. Холодильная техника и технология. 2013. №2. С.71-74.
3. Петушенко С.Н. Результаты экспериментальных исследований процессов теплообмена при первичной холодильной обработке зерна мелкосеменных культур. Холодильная техника и технология. 2013. №3. С. 64-68.
4. Петушенко С. Н., Титлов А. С. Разработка систем охлаждения для первичной низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 3/8 (75). С. 50-56. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.44251. Scopus.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРОПІЛЕНГЛІКОЛЬНОГО  
КОНТУРУ СИСТЕМИ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ПТАХОФАБРИКИ

Семенюк Д. П., к.т.н., доц., e-mail: [dmitriy.semeniuk@gmail.com](mailto:dmitriy.semeniuk@gmail.com)

Якушенко Є. М., к.т.н., доц., e-mail: [papelats.ey@gmail.com](mailto:papelats.ey@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Промислове обладнання застосовується на великих підприємствах з переробки продуктів (м'яса, риби, птиці, заморожених продуктів тощо), на пивоварних підприємствах, молокозаводах. Важливою частиною застосування промислового обладнання є впровадження енергозберігаючих технологій. Тому завдання проектування промислових систем холодопостачання є актуальним і потребує ретельного всебічного вивчення. У зв'язку зі складною економічною ситуацією в Україні важливе значення надається технічно та економічно грамотному обґрунтуванню прийнятих рішень.

**Мета досліджень.** На птахофабриках після забою та потрошення тушок птиці необхідно знизити їх температуру. Тушки з конвєсера надходять спочатку у ванну з холодною проточною водою з водопроводу або артезіанської свердловини, де частково охолоджуються, а потім надходять у ванну з крижаною водою [1]. Холодильна машина служить для охолодження антифризу, в якості якого обраний 20% водний розчин пропіленгліколю, який, у свою чергу, охолоджує воду в проміжних пластинчастих теплообмінниках. Для уникнення неприпустимого зниження температури води в теплообміннику та її замерзання частина антифризу байпасується повз теплообмінник, тим самим зменшуючи кількість теплоти, що відводиться від води. Крижана вода циркулює через теплообмінник та другу шнекову ванну. Частина крижаної води оновлюється. Під час роботи на режимі повного оновлення води збільшуються втрати холоду з водою, що зливається в каналізацію. Для забезпечення недостатньої холодопродуктивності пропонується використовувати частину холоду від холодильної машини системи кондиціонування. При зниженні температури повітря на виході з охолоджувача повітря нижче заданої, частина пропіленгліколю замість байпаса подається в систему водоохолодження. Важливим моментом тут є забезпечення необхідних витрат через холодильні машини та забезпечення постійних витрат через баки пропіленгліколю. Також бажано розглянути і нестационарне теплове завдання: час виходу на робочий режим контуру пропіленгліколю та періодичність увімкнення/вимкнення холодильних машин.

**Основні матеріали досліджень.** Для вирішення поставленого завдання було розроблено математичну модель з урахуванням гідроопору всіх елементів монтажно-гидравлічної схеми залежно від витрат.

Вихідні дані: гідравлічна схема контуру пропіленгліколю; гідравлічна характеристика насосів; початкова температура системи; параметри регулювання холодильної машини; тиск пропіленгліколю в витратному баці; холодопродуктивність (охолодження води); холодопродуктивність (кондиціонування); необхідна холодопродуктивність охолодження води; необхідна холодопродуктивність кондиціонування; потужність одного насосу.

Розрахунковий аналіз будь-якої реальної фізичної системи можна проводити лише за наявності адекватної математичної моделі цієї системи. Прямий перехід від реальної фізичної системи до її математичної моделі – досить складний процес. Для спрощення цього переходу між фізичною системою та математичною моделлю вводиться змістовна модель системи. Призначення змістовної моделі – дати спрощене, схематичне опис реальної системи, звільнене від несуттєвих у цій задачі чинників і допомогти сформулювати властивості реальної системи мовою цікавої для нас науки. Прийняті припущення математичної моделі: теплопритоки в систему та підключення теплового навантаження моделюються підведенням теплоти до контрольного об'єму, масообміну системи з довкіллям не відбувається, вважаємо  $\mu$  (динамічна в'язкість) та  $C_p$  (теплоємність), не залежать від температури.

При побудові математичної моделі використовувався метод Ньютона [2]. Цей метод є найпоширенішим методом розв'язання системи рівнянь  $F_i(X_i) = 0$ . Він реалізується наступним алгоритмом.

1. Задаємо абсолютну або відносну похибку  $\varepsilon = E$ , число рівнянь  $N$ , максимальне число ітерацій  $M$  та вектор початкових приближень  $X_{i0}(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{N0})$ .

2. Використовуючи розклад  $F_i(X_i)$  в ряд Тейлора, формуємо матрицю Якобі  $[dF_i / dX_i]$ , необхідну для розрахунку приростів  $F_i(X_i)$  при малій зміні змінних. Матриця Якобі в розгорнутому вигляді записується наступним чином:

$$\begin{bmatrix} \partial F_1 / \partial x_1 & \partial F_1 / \partial x_2 & \dots & \partial F_1 / \partial x_N \\ \partial F_2 / \partial x_1 & \partial F_2 / \partial x_2 & \dots & \partial F_2 / \partial x_N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \partial F_N / \partial x_1 & \partial F_N / \partial x_2 & \dots & \partial F_N / \partial x_N \end{bmatrix}. \quad (1)$$

3. Оскільки аналітичне диференціювання  $F_i(X_i)$  в загальному випадку небажане, замінюємо часткові похідні в матриці Якобі їх наближеними звичайно-різносними значеннями:

$$\frac{\partial F_i}{\partial X_i} \cong \frac{F_i(X_i+H) - F_i(X_i)}{H_i} \quad (2)$$

де  $H_i$  – малий приріст  $X_i$ ; наприклад  $H_i = \varepsilon |X_i|$ .

4. Рішення системи рівнянь можна представити в вигляді:

$$X_{i(n+1)} = X_{i(n)} - I_{(n)}^{-1} F_i(X_{i(n)}), \quad (3)$$

де  $I_{(n)}^{-1}$  – зворотна матриця Якобі.  $\Delta X_i = I_{(n)}^{-1} (-F_i(X_{i(n)}))$ . Тоді  $X_{i(n+1)} = X_{i(n)} - \Delta X_i$ .

Для всіх  $\Delta X_i$  перевіряємо одну із умов  $|\Delta X_i| > \varepsilon$ ,  $|\Delta X_i / X_i| > \varepsilon$ . Якщо воно виконується, то переходимо до п.2, тобто виконуємо нову ітерацію. Інакше вважаємо вектор  $X_{i(n+1)}$  знайденим рішенням. Для розв'язання системи диференціальних рівнянь теплового завдання використовується метод Гіра для жорстких систем рівнянь. Введення вихідних даних та початкових наближень здійснюється з файлу. Користувач може встановити необхідні значення без подальшої компіляції програмного коду.

Програма виводить наступні результати кожного ідеалізованого елемента із заданим кроком у часі: температура, тиск, масові витрати робочих тіл через магістралі системи.

Аналізуючи отримані графіки можна простежити процес охолодження пропіленгліколю та стабілізації температури.

**Висновок.** Таким чином, побудована математична модель контуру пропіленгліколю дозволяє оцінити роботу системи, перевірити її поведінку в різних умовах, у тому числі на нерозрахункових режимах та в нестандартних умовах. Це дозволяє легко зробити висновки про роботу тих чи інших елементів системи, спробувати використовувати різні варіанти управління та регулювання, не проводячи дорогих та тривалих експериментів на натурному об'єкті чи його функціональному аналогу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологія забою і переробки м'яса птиці. Режим доступу: [https://vuzlit.com/409325/tehnologiya\\_zaboyu\\_pererobki\\_myasa\\_ptitsi](https://vuzlit.com/409325/tehnologiya_zaboyu_pererobki_myasa_ptitsi). (дата звернення 27.11.2022). Назва з екрана.

2. Хімч О. М., Сидорук В. А., Нестеренко А. Н. Гібридний алгоритм методу Ньютона для розв'язування систем нелінійних рівнянь з блочними матрицями Якобі. Наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України. Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/180466>. (дата звернення 27.11.2022). Назва з екрана.

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ В ПОЛЬОВИХ ТА ВІЙСЬКОВИХ УМОВАХСмілик М. М., аспірант, асис., e-mail: [smilykmm@gmail.com](mailto:smilykmm@gmail.com)Потапов В. О., д.т.н., проф., e-mail: [potapov@bigmir.net](mailto:potapov@bigmir.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Сьогодні дуже актуальною проблемою є зберігання швидкопсувних продуктів та матеріалів за відсутності сталого енергопостачання. З проблемами зберігання продуктів та матеріалів без стаціонарного електропостачання зазвичай стикаються збройні сили, підприємці, люди як знаходяться далеко від великих міст. При цьому дуже актуальним питанням є зберігання продукції у великих обсягах на тривалий термін. На сьогодні є багато способів тривалого зберігання продукції - це фізико-хімічні, хімічні та біохімічні методи консервування. Але майже за всіх способів консервування свіжа продукція втрачає смакову якість, зовнішній вигляд і має обмеження у подальших способах приготування та вживання. Тому важливо для цих процесів використовувати саме холодильне обладнання, яке дозволяє зберігати швидкопсувні продукти та матеріали за мінімальних втрат їх первісних властивостей. Таке обладнання повинно бути автономним, а для використання у військових умовах ще малозумних і малопомітним.

Для безпечного холодильного зберігання продукції протягом усього холодильного ланцюга, від процесу виготовлення продукції, її зберігання, постачання та до кінцевого приготування, дуже важливо щоб температура продукту не змінювалася, отож контролювалась і автоматично підтримувалась у холодильній камері.

**Мета досліджень.** З метою вирішення питань пов'язаних із зберіганням продуктів у польових умовах та в умовах воєнного стану було поставлено завдання розробити мобільну автономну холодильну установку.

**Основні матеріали досліджень.** На рис. 1 наведена принципова схема роботи розробленої установки.



Рис. 1 – Схема роботи мобільної автономної холодильної установки.

Була виготовлена невелика експериментальна холодильна установка з автоматичною підтримкою температури в заданому об'ємі. Для цього використали автомобільний холодильник об'ємом 32 літрів з компресором який дає змогу отримати мінус 18С в об'ємі камери. У якості джерела енергії експериментальної холодильної установки, використали накопичувач енергії у вигляді Li-іон батареї яка має багато переваг у порівнянні з іншими акумуляторами, такі як

- висока іонна провідність і, отже, низький внутрішній опір акумулятора в широкому температурному інтервалі від -40 до +50С;
- тривалу циклованість акумуляторів, яка визначається стійкістю електролітів по відношенню до електродних матеріалів у робочому інтервалі потенціалів;
- відносно високу пожежо- та вибухобезпеку;
- привабливу ціну

Для експерименту використали батарею невеликої ємності на 11,5 Ампер годин.

Був проведений експеримент метою якого було визначити тривалість роботи холодильної установки від акумулятора. Результати випробувань показали, що з такої ємністю акумулятора дана холодильна установка працює трохи більше двох годин. Стало зрозуміло що цієї тривалості роботи обладнання з даною ємністю батареї не достатньо.

Оскільки подібне холодильне устаткування повинно працювати в польових умовах достатньо довго, то необхідним є модуль зовнішнього джерела енергії. Для цієї цілі можуть бути використані різні модулі для отримання альтернативної енергії. Одним із поширених джерел альтернативної енергії, є сонячна енергія. Вона дає змогу використовувати енергію яку ми накопичуємо в денний час. Але є недоліки — це зимовий період, коли сонячної енергії не достатньо для накопичування. В цьому випадку можна використовувати теплову енергію – наприклад енергію відпрацьованих газів, енергію полум'я, з подальшим її перетворенням у тепловикористовуючий холодильній машині.

**Висновок.** Таким чином, запропонована схема експериментальної автономної холодильної установки може працювати в умовах відсутності стаціонарного енергопостачання з різними альтернативними джерелами енергії.

Напрямок подальших досліджень за даним напрямком є розробка набору модулів для використання сонячної енергії та теплової енергії від первинних та вторинних джерел.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.: іл.

2. Автохолодильник компресорний Thermo СВР-С-32 л // URL:[https://rozetka.com.ua/ua/thermo\\_4823082715558/p242680603/](https://rozetka.com.ua/ua/thermo_4823082715558/p242680603/) (дата звернення 11.12.2022)

3. Якубчак О. М. «Гігієна продуктів тваринного походження» / О. М. Якубчак, Т. В. Таран – К.: ПрофКнига, 2017. – 596 с.

РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ  
МАШИН ДЛЯ РОБОТИ В СИСТЕМАХ ОТРИМАННЯ ВОДИ  
З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Тітлов О. С., д.т.н., проф., e-mail: [titlov1959@gmail.com](mailto:titlov1959@gmail.com)

Осадчук Є. О., канд. техн. наук, ст. викл., e-mail: [osadchuk1980@gmail.com](mailto:osadchuk1980@gmail.com)

Нікітін Д. М., д-р техн. наук, доц., mail: [dnn@utecon.com](mailto:dnn@utecon.com)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Загальновідомо, що найціннішим ресурсом на планеті найближчим часом стане вода, а боротьба за водні ресурси в світі є одним з факторів в сучасних збройних конфліктах і, ця тенденція буде тільки зростати в досяжному майбутньому. Тому одним з найважливіших завдань є більш розвинутою технологій дозволяють витягати воду з повітря, причому безпосередньо на місці, де вона необхідна. Найбільші перспективи мають методи, пов'язані з роботою автономних генераторів штучного холоду, які гарантовано забезпечують температуру охолодження повітря нижче точки роси.

**Мета дослідження** – розробка систем отримання води з атмосферного повітря на базі абсорбційних водоаміачних термотрансформаторов (АВТТ), що працюють від джерела низько потенційного тепла - сонячної енергії.

**Основні матеріали дослідження.** Однією з особливостей АВТТ є взаємозалежність температур в характерних процесах циклу - температури гріючого середовища  $t_h$ , температури охолоджуючого середовища  $t_w$ , температури об'єкта охолодження  $t_{ob}$ . З трьох температур довільно можуть бути задані тільки дві.

Як показує практика, робота холодильної установки повинна забезпечувати заданий рівень охолодження, а сама установка працювати у відповідних кліматичних умовах, тобто при заданій температурі охолоджуючого середовища. Тому, реальним параметром, який може змінюватися є тільки температура гріючого джерела.

На першому етапі аналітичних досліджень за наведеним нижче алгоритмом було виконано пошук діапазону температур гріючого джерела, який би задовольняв умовам роботи АВТТ та вимогам до об'єкта охолодження.

Алгоритм пошуку робочих режимів АВТТ полягав у наступному.

Задаються температури об'єкта охолодження  $t_{ob} = -30\text{ }^\circ\text{C}; -15\text{ }^\circ\text{C}; -5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Для кожного чисельного значення температури  $t_{ob}$  проводився розрахунок з фіксованим значенням температурі  $t_w$  з діапазоном  $25...43\text{ }^\circ\text{C}$  і з кроком в  $1\text{ }^\circ\text{C}$ . Для заданих значень  $t_{ob}$  і  $t_w$  проводився розрахунок кратності циркуляції  $f$  зі змінною  $t_h$  з кроком в  $1\text{ }^\circ\text{C}$ . У разі, якщо  $f > 0$ , роблять висновок, що режим роботи АВТТ може бути реалізований, а в іншому випадку, коли  $f < 0$  - режим роботи не існує.

Аналіз отриманих результатів показав, що АВТТ в системі з сонячним колектором на воді у якості теплоносія може знайти застосування тільки в системах кондиціонування повітря при температурі охолоджуючого середовища не вище  $32\text{ }^\circ\text{C}$ , а при низьких температурах охолоджуючого середовища і гріючого джерела зона дегазації може мати від'ємне значення, тобто цикл АВТТ не може бути реалізований.

На другому етапі термодинамічних розрахунків проведено аналіз циклів насосних АВТТ і визначені енергетичні характеристики циклів — теплове навантаження на елементи та тепловий коефіцієнт залежно від температури гріючого джерела і охолоджуючого середовища. У всіх випадках спостерігається максимум енергетичної ефективності циклів АВТТ.

При зниженні температури випарника максимум енергетичної ефективності зміщується в область високих температур гріючого середовища, а його чисельні значення зменшуються.



У розрахунковому діапазоні у всіх випадках збільшення температури гріючого джерела призводить до різкого зменшення потужності циркуляційного насоса АВТТ, що перекачує міцний розчин з абсорбера в генератор. При температурах гріючого джерела тепла від 90 °С до 130 °С потужність циркуляційного насоса має мінімальні чисельні значення. З ростом температури гріючого джерела спостерігається її зменшення.

З урахуванням наведеного вище аналізу була запропонована оригінальна конструкція АВТТ з бустер-компресором (рис.1) після генератора, яка захищена патентними документами України і Республіки Казахстан [1].

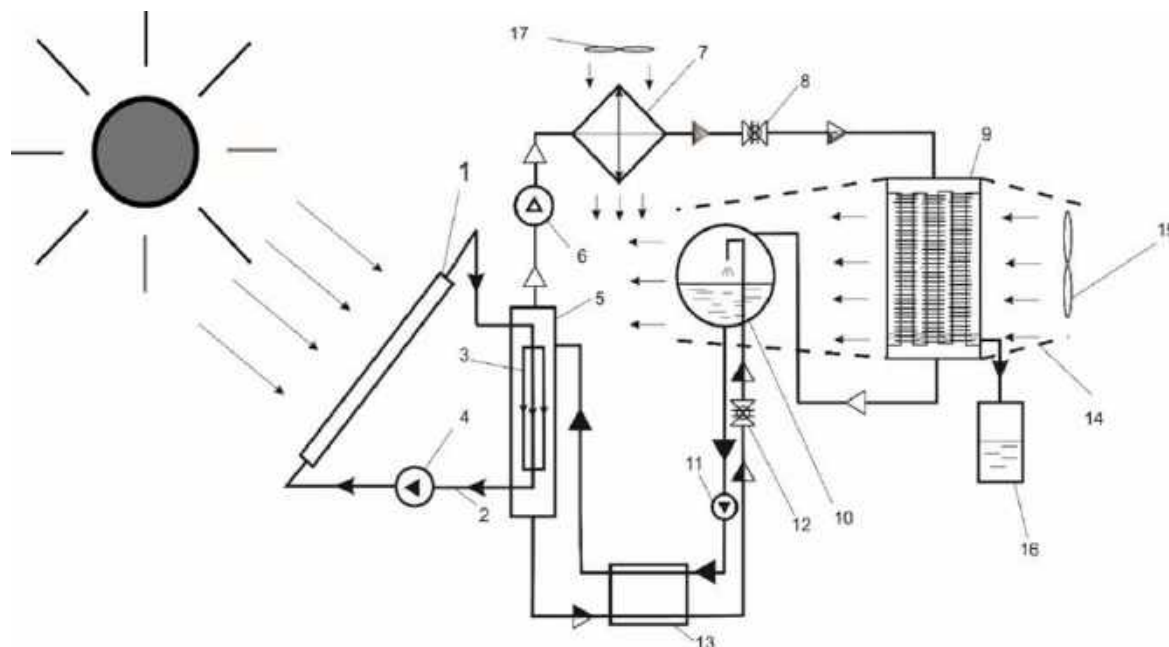


Рис. 1 – Конструкція АВТТ з бустер-компресором

Система містить сонячні колектори 1 із замкнутим циркуляційним контуром 2, заповненим рідким теплоносієм, і з теплообмінником 3. Циркуляція теплоносія по контуру 2 і теплообміннику 3 здійснюється за допомогою насоса 4. До складу установки входить АВТТ, яка містить: генератор 5; бустер-компресор 6; повітряний конденсатор 7; дросельний вентиль холодильного агента 8; випарник 9; абсорбер 10; насос «міцного» розчину 11; дросельний вентиль 12, теплообмінник «міцного» і «слабкого» ВАР 13. Випарник 9 і абсорбер 10 встановлені послідовно у спеціальному повітряному каналі 14 таким чином, щоб повітряний потік за допомогою вентилятора 15 надходив спочатку на випарник 9, а потім на абсорбер 10. Нижня частина випарника 9 пов'язана з ємністю для збору конденсату 16. Охолодження конденсатора 7 здійснюється окремим вентилятором 17. У внутрішній порожнині генератора 5 встановлені канали теплообмінники 3 циркуляційного контуру 2.

**Висновок.** У результаті розрахунку було визначено в практичному діапазоні параметрів експлуатації систем з сонячними колекторами енергетично ефективний режим для бустер-компресора. Для систем при експлуатації в помірному кліматі це: тиск кипіння в генераторі 1,0 МПа і температура 80 °С.

Доведено, що для умов роботи випарника при температурі 5 °С зниження електричної потужності в системах АВТТ з бустер-компресором, порівняно з ПКТ, у 3,3 рази при експлуатації в помірному кліматі і у 2,4 рази — у тропічному кліматі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Titlov A., Osadchuk E., Tsoy A., Alimkeshova A., Jamasheva R. Development of cooling systems on the basis of absorption water-ammonia refrigerating machines of low refrigeration capacity // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. – № 2/8 (98). – P. 57-67. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.164301. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.164301>

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ  
КОНСТРУКЦІЇ ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ

Ткаченко В. Р., бакалавр, e-mail: [vladislavua2214@gmail.com](mailto:vladislavua2214@gmail.com)

Антипов Є. О., к.т.н., доц., e-mail: [ievgeniy\\_antypov@ukr.net](mailto:ievgeniy_antypov@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Сучасні конструктивні рішення систем опалення акцентовані на регулюванні теплових потоків як у окремому приміщенні, так і загалом у будинку, використанні теплонадходжень від сторонніх джерел. Таким чином, сучасна система опалення перетворюється із системи з квазістаціонарними тепловим і гідравлічним режимами в систему, що активно тепло- та гідравлічно регулюється. Вона повинна реагувати на зміни параметрів навколишнього середовища і підлаштовуватися під них – зміну температури зовнішнього повітря, збільшення надходження сонячної радіації в денний час, збільшення кількості людей або працюючого обладнання в приміщенні, задане зменшення/збільшення температури внутрішнього повітря[1]. Це означає, що ці вимоги треба обов'язково враховувати і при виборі опалювального приладу, оскільки вони є найбільш близькою до споживача частиною системи опалення будівлі. Тобто, сучасний ринок радіаторів дуже різноманітний, тому дуже часто вибір радіатора заводить споживача в глухий кут, оскільки сталеві, чавунні, алюмінієві, біметалеві радіатори активно конкурують між собою [2-4]. Важливу роль при виборі відіграє зовнішній вид та ціна приладу, але на першому плані залишаються його технічні та експлуатаційні характеристики. З цього випливає, що строк експлуатації опалювального приладу, з урахуванням екологічного впливу, повинен бути максимальний [5]. Але зараз існує лише один параметр оцінки опалювального приладу – теплове напруження металу. Проте ця характеристика нічого не показує споживачу. Тому актуальним стає питання техніко-економічного порівняння опалювальних приладів.

**Мета досліджень** - вивести критерій, який зможе використовувати кожен споживач при виборі опалювального приладу.

**Основні матеріали досліджень.** В якості критеріїв для порівняння прийнято: інерційність опалювального приладу; питому вартість 1 кВт номінальної теплової потужності опалювального приладу[1].

Від інерційності опалювального приладу залежать непродуктивні тепловтрати в системі опалення. Чим швидше зреагує система на зміну параметрів в приміщенні (реакція на дію РТК або іншого автоматичного регулятора), тим менше непродуктивних тепловтрат. З цього випливає, що інерційність опалювального приладу повинна бути найменшою. Інерційність опалювального приладу може бути теплова (кількість теплоти, що міститься в опалювальному приладі) і часова (час охолодження опалювального приладу).

Під тепловою інерційністю слід розуміти теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{on}$ , кДж), який складається з: тепловмісту металу опалювального приладу ( $W_m$ , кДж) та тепловмісту теплоносія в опалювальному приладі ( $W_T$ , кДж) [1]:

$$W_{on} = W_m + W_T, \text{кДж}. \quad 1$$

Тепловміст металу опалювального приладу залежить від: маси приладу/секції ( $M_m$ , кг), теплоємності металу з якого виготовлено опалювальний прилад ( $c_m$ , кДж/(кг·°C)) та середньої температури опалювального приладу ( $\bar{t}_{on} = 70$  °C, при параметрах теплоносія 80...60 °C) [1]:

$$W_m = M_m \cdot c_m \cdot \bar{t}_{on}, \text{кДж}, \quad 2$$

Тепловміст теплоносія опалювального приладу залежить від: об'єму теплоносія, теплоємності теплоносія та середньої температури опалювального приладу[1]:

$$W_T = M_T \cdot c_M \cdot \bar{t}_{on}, \text{кДж}, \quad 3$$

$$M_T = 0,001 \cdot V_T \cdot \rho_T, \text{ кг}, \quad 4$$

де  $M_m$  – маса теплоносія в опалювальному приладі, кг;  $V_m$  – об’єм теплоносія, л;  $\rho_m$  – густина води при  $\bar{t}_{оп}$ ; 0,001 – перевідний коефіцієнт.

Для визначення теплової інерційності різних опалювальних приладів, слід привести її до числового показника, віднесеного до теплової потужності порівняно однакових опалювальних приладів ( $Q_H^{eидн}$ , кВт), тобто визначити відносний теплоенерговміст опалювального приладу. Спочатку визначаємо теплову інерційність опалювального приладу ( $W_{он}$ , кДж) при його номінальній тепловій потужності ( $Q_H$ , кВт), а потім шляхом складання пропорції виходимо на відносний теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{он}^{eид}$ , кДж) при потрібній нам тепловій потужності ( $Q_H^{eидн}$ , кВт). Найчастіше  $Q_H^{eидн} = 1$  кВт. Тобто, відносний теплоенерговміст опалювального приладу ( $W_{он}^{eид}$ , кДж) визначається як відношення теплоенерговмісту опалювального приладу до його номінальної теплової потужності[1]:

$$Q_H - W_{он}; Q_H^{eидн} - W_{он}^{eидн}. \quad 5$$

$$W_{он}^{eидн} = \frac{Q_H^{eидн} \cdot W_{он}}{Q_H}, \text{ кДж}. \quad 6$$

Звідси:

Теплову інерційність також можна виразити в грошовому еквіваленті ( $C_i$ , грн)[1]:

$$C_i = W_{он}^{eидн} \cdot C_T \cdot 0,23865 \cdot 10^{-6}, \text{ грн}; \quad 7$$

де  $C_m$  – тариф на теплову енергію на опалення, грн/Гкал;  $0,23865 \cdot 10^{-6}$  – перевідний коефіцієнт.

Питома вартість 1 кВт встановленої теплової потужності опалювального приладу ( $C$ ) – це ціна 1 кВт теплової енергії, віднесена до середнього терміну експлуатації приладу. Цей параметр допомагає вирішити питання співвідношення ціна - якість опалювального приладу.

Показник техніко-економічної ефективності роботи приладу, визначається як середньозважена величина питомого грошового еквіваленту теплової інерційності ( $C^p$ , €/кВт·рік) та питомої вартості 1 кВт встановленої теплової потужності опалювального приладу ( $C$ , €/кВт·рік) [1]:

$$E = \sqrt{C_i^p \cdot C}, \text{ €} / (\text{кВт} \cdot \text{рік}) \quad 8$$

**Висновок.** Аналізуючи результати розрахунків, можна зробити висновки, що конвектори та мідно-алюмінієві радіатори є найефективнішими опалювальними приладами для сучасних систем опалення, коли необхідно раціонально використовувати енергоресурси або є обмежена кількість теплоти. Але, оскільки, є велике питання відповідності конвекторів санітарно-гігієнічним нормам через накопичення пилу між пластинами конвектору, то слід звернути увагу на мідно-алюмінієві радіатори. З економічної точки зору, найефективніший опалювальний прилад – конвектор, але не з санітарно-гігієнічної (наявність пилу між ребренням). А якщо роздивляться радіатори, то найефективнішими виявилися мідно-алюмінієві.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Любарець О. П., Предун К. М., Москвітіна А. С. Методика техніко-економічного порівняння опалювальних приладів для застосування в сучасних динамічних системах водяного опалення. Управління розвитком складних систем : зб. наук. праць / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури – Київ : КНУБА, 2019. – № 37. – С. 210-218.

2. Юлия Захаренко-Березьянская. Украинский рынок радиаторов. Обзор. – Журнал «С.О.К.». – 2006. – №7. – Электрон. данные. – Киев, 2006. - Режим доступа: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/463/>.

3. Юлия Березьянская. Радиаторы в каждый дом. – журнал «С.О.К.». – 2007. – №8. – Электрон. данные. – Киев, 2007. - Режим доступа: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/1123/>

4. Електронний ресурс. Режим доступа: <https://kte.kmda.gov.ua>.

5. Екологізація енергетики: Навч. пос. / Шевчук В. Я., Бічивський Г. О., Сатолкін Ю. М., Навроцький В. М. - К.: Вища освіта, 2002. - 111 с.

МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИРОДНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Яковлева О. Ю., к.т.н., доц. e-mail: [osarja@gmail.com](mailto:osarja@gmail.com)

Хмельнюк М. Г., д.т.н., проф., e-mail: [hmel\\_m@ukr.net](mailto:hmel_m@ukr.net)

Трандафілов В. В., к.т.н., доц., e-mail: [Vlad.Trandafilov@gmail.com](mailto:Vlad.Trandafilov@gmail.com)

**Актуальність дослідження.** Отже, чому в першу чергу потрібно зосереджуватися на природних холодоагентах або холодоагентах з низьким ПГП? Ціль не обов'язково полягає в тому, щоб зробити природні холодоагенти єдиним вибором, але, ґрунтуючись на нормативно-правовій базі, яка спонукала до переходу на низький ПГП, вважається, що природні холодоагенти є, перш за все, економічно важливим фактором, стійкий вибір. Наприклад, транскритичні системи з CO<sub>2</sub>, спостерігаються високі темпи впровадження таких систем, особливо в Європі. В даний час ЄС реалізує більш амбітний захід зі скорочення HFC (hydrofluorocarbons) [1] (R23, R134a, R404A, R407A, R407C, R407F (PERFORMAX LT), R410A, R417A (ISCEON MO59), R422A (ISCEON MO79), R422D (ISCEON MO29), R423A (ISCEON 39TC), R424A (RS-44), R427A (Forane 427A), R428A (RS-52), R434A (RS-45), R437A (ISCEON MO49Plus), R438A (ISCEON MO99), R442A (RS-50), R449A (OPTEON XP40), R507A, R508B (SUVA 95), ISCEON MO89, R1234yf) ніж пропонує Каліфорнія, США, і ми також бачимо, що вже почали впроваджувати холодильні системи з низьким GWP, і дійсно технології з низьким GWP швидко розвиваються у всіх кліматичних зонах, у тому числі із високою температурою навколишнього середовища

**Мета дослідження.** Визначити можливості підвищення ефективності з використанням природних та альтернативних холодоагентів.

**Основні матеріали досліджень.** На рис.1 бачимо, що основна проблема одержання можливостей підвищення ефективності холодильних систем за допомогою природних та альтернативних холодоагентів – це питання вартості, готовності до обслуговування, нормативно-правова база, яка потребує адаптування до сучасних умов.



Рис.1 - Можливості підвищення ефективності з використанням природних та альтернативних холодоагентів

Холодильні системи з низьким GWP, як наприклад NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> каскадна ХУ, R290/CO<sub>2</sub> каскадна ХУ, CO<sub>2</sub>транскритична, та автономна системи, за капітальними вкладеннями мають високі показники, при експлуатаційному обслуговуванні – середні, та з ефективності як високі так і низькі показники.

Таким чином, перша система тут, аміак, каскадні системи з CO<sub>2</sub>, і більш високі капітальні витрати тут насправді обумовлені тим фактом, що більшість цих застосувань були в промисловому секторі і що виробники обладнання дійсно орієнтовані на ці більші та дорогі системи, які надто великі для застосування у супермаркетах. Тому виробники починають задумуватись про створення обладнання для комерційного застосування.

**Висновок.** За результатами дослідження було запропоновано ряд технологій, які можуть значно покращити ефективність холодильної системи. Паралельні компресійні форсунки, газові охолоджувачі та системи, які сьогодні встановлюються, включаючи технології, які допоможуть у дослідженні ефективності транскритичної системи CO<sub>2</sub>. Загалом перехід на ці системи з низьким GWP вимагає дуже великих капіталовкладень.

Пропонується один із альтернативних варіантів, який з'являється під час переходу це те, що ми називаємо автономними системами. Це також називається мікророзподіленою системою. Кожна установка має власний випарник з компресором і конденсатором, а тепло може відводитися через конденсатор з повітряним охолодженням на установці, або відводитися через водяний контур, який також можна використовувати для підтримки сховища в більш прохолодному кліматі. Деякі з переваг таких типів систем включають дуже низьку заправку ХУ. Вони дійсно можуть бути підключені та працювати, переміщатися у приміщенні супермаркету, залежно від вимог. Існує також можливість гнучкості, якщо потребується модернізація.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kashive, N., Khanna, V. T., & Powale, L. (2022, July 15). *Virtualteamperformance: E-leadershipprolesintheeraof covid-19*. JournalofManagementDevelopment. RetrievedNovember 30, 2022, from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMD-05-2021-0151/full/html>

БЕЗМАШИННІ ЗАСОБИ ОХОЛОДЖЕННЯ  
З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Якушенко Є. М., к.т.н., доц., e-mail: [papelats@ukr.net](mailto:papelats@ukr.net)

Семенюк Д. П., к.т.н., проф., e-mail: [dmitriy.semeniuk@gmail.com](mailto:dmitriy.semeniuk@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** На сучасному рівні функціонування холодильного та кліматичного обладнання в умовах відсутності стаціонарного забезпечення джерелами енергії можливо за рахунок застосування безмашинних засобів охолодження або машинного охолодження з використанням альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії. Найбільш актуальності це питання набуває для забезпечення холодом мобільних військових кухонь в польових умовах.

**Мета дослідження.** Розглянемо можливі варіанти вирішення даної проблеми з метою подальшого вибору найбільш оптимального рішення холодопостачання.

**Основні матеріали досліджень.** Безмашинні способи охолодження ґрунтуються на процесах плавлення, випаровування, сублімації з використанням готових холодоносіїв (водний, евтектичний і сухий лід, повітря).

*Охолодження водним льодом.* Засноване на властивості льоду в процесі плавлення поглинати велику кількість теплоти (335 кДж/кг). Крижане охолодження дозволяє доводити температуру в середовищі, яке охолоджується до +4...+6°C, що цілком достатньо для зберігання багатьох швидкопсувних продуктів. Залежно від способу отримання водний лід буває природним і штучним. Природний лід – пошарове заморожування води в зимовий час або випилювання з водою. Штучний виготовляють на льодозаводах за допомогою холодильних машин. Фізичні властивості однакові. Використовують в основному для охолодження напоїв, плодів, ягід, зелені, овочів, риби та морепродуктів. Є найбільш доступним, простим, екологічно чистим, відносно дешевим. Недоліки крижаного охолодження: недостатньо низька температура, великі витрати праці при заготівлі, транспортуванні, необхідність постійного поповнення і видалення талої води.

*Льодосоляне охолодження* – це охолодження за допомогою суміші дробленого водного льоду і солі. Завдяки додаванню солі швидкість танення льоду збільшується, а температура танення льоду знижується. Це пояснюється тим, що додавання солі викликає ослаблення молекулярної взаємодії та руйнування кристалічних решіток льоду. При цьому способі до теплоти, що поглинається льодом, додається теплота, яка поглинається сіллю при її розчиненні в воді, що утворилася в суміші. Температура плавлення суміші залежить від концентрації та хімічного складу солі. Розчин солі з найнижчою температурою танення називається евтектичним, а температура його танення – криогідратною точкою. Так, при концентрації NaCl в розчині 23,1% можна отримати температуру в середовищі, яке охолоджується -21°C. Під час заморожування водного розчину NaCl в концентрації, що відповідає криогідратній точці, отримуємо однорідну суміш кристалів льоду і солі, яка називається евтектичним твердим розчином. Евтектичний розчин застосовують для зероторного охолодження. Для цього в зероти – наглухо запаянні форми – заливають евтектичні розчини і заморожують їх. Льодосоляні суміші застосовують в основному для охолодження вагонів-льодовиків, переносних сумок-холодильників. Перевага даного способу – більш низька температура охолодження, недолік – більш дорогий процес.

Останнім часом евтектичне охолодження набуває популярності при перевезенні швидкопсувної продукції та фармацевтичних препаратів в ізотермічному транспорті або контейнерах завдяки застосуванню сучасних евтектичних розчинів (водяних розчинів кристалогідратів, гліколів та спиртів). Сьогодні широко застосовуються так звані побутові АХ для сумок-холодильників, переносних контейнерів із температурою фазового переходу від мінус 2 до мінус 5°C. Проведений огляд показав, що для енергоефективного практичного

застосування евтектичних холодильних систем (ЕХС) необхідні АХ із більш широким діапазоном температур. Для цього перспективним є застосування водно-солевих систем неорганічних солей як робочих речовин, яким притаманна висока теплота фазового перетворення та відносно невелика вартість [4].

Дослідженнями вчених [5] встановлено, що багато водно-солевих систем переохолоджуються більш ніж на 30...50°C, а деякі з них узагалі не кристалізуються та переходять у склоподібний стан, деякі системи розшаровуються. Ці явища ускладнюють використання їх як АХ, бо порушуються оборотність і стабільність температури початку кристалізації таких систем, витрачається велика кількість енергії та часу. Для запобігання розшаруванню розчинів була доведена необхідність вводити в них згущувачі. Найчастіше як згущувач використовують карбоксиметилцелюлозу (КМЦ).

Найбільш перспективними речовинами для АХ, за даними авторів [6], виявилися водяні розчини кристалогідратів: хлориди натрію, калію, магнію, амонію, стронцію, бікарбонату натрію, броміди натрію, стронцію, нітрати нікелю, магнію, цинку, роданід амонію.

*Охолодження сухим льодом.* Сухий лід – це двоокис вуглецю  $\text{CO}_2$  в твердому стані. Являє собою тверде кристалічне тіло білого кольору. При атмосферному тиску двоокис вуглецю перетворюється на вуглекислий газ, минаючи рідку фазу. Застосовують його в основному при транспортуванні морозива, фруктів і овочів, зберіганні та продажу їх в кіосках, наметах, на вулиці. Зберігають сухий лід в спеціальних контейнерах з посиленою теплоізоляцією. Переваги: більш низька температура охолодження (до мінус 78,9°C); вуглекислий газ, що виділяється, створює сприятливі умови для консервації швидкопсувних продуктів; відсутність вологи, необхідні санітарно-гігієнічні умови. Недоліки: висока вартість, шкідливість для обслуговуючого персоналу. Тривале вдихання повітря, що містить вуглекислий газ, викликає головний біль, запаморочення і нудоту. При концентрації більше 6% погіршується працездатність, з'являється сонливість, послаблюється дихання і серцева діяльність. При концентрації понад 9% людина швидко втрачає свідомість. Можливо обмороження рук.

**Висновок.** Обладнання, що працює на готових холодоносіях, просте за конструкцією і, отже, найбільш доступне, але воно має істотні недоліки: повну залежність від можливості і умов отримання холодоносіїв; великий обсяг вантажних робіт, пов'язаних з зарядкою холодоносіями і підтриманням гігієни в об'єктах охолодження.

Недоліки, що притаманні безмашинним способам охолодження, відсутні у машинних способах, коли енергія (механічна, теплова, електрична) надходить ззовні. На сьогодні ці способи є найбільш поширеними. У порівнянні з безмашинними способами машинне охолодження має значні переваги: можливість створення низької температури в широкому діапазоні, автоматизація всіх процесів, легкість експлуатації та технічного обслуговування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні установки : підручник. 6-е вид., перероб. та доп. Одесса. Пальміра, 2006. С. 552.
2. Сайт компанії «CarrierTransicold» : веб-сайт. URL:[www.carriertransicoldeurope.com](http://www.carriertransicoldeurope.com) (дата звернення 10.07.2019).
3. Евтектические плиты : веб-сайт. URL: <https://www.fic.com/ru/product/eutectic-plates> (дата звернення 10.07.2019).
- 4.Обзоры по теплофизическим свойствам веществ : монография М. ИВТАН, 1990. № 2 (82). С. 105.
5. Данилин В. Н. Холодоаккумулирующие материалы на основе водно-солевых систем. *Физико-химический анализ многокомпонентных систем.* 2010. № 5. веб-сайт. URL:<http://www.kubstu.ru/fh/farms> (дата звернення 10.07.2019).
6. Долесов А. Г. Холодоаккумулирующие материалы на основе водных растворов солей. *Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: междунар. науч.-практ. конф.* Т. 30. География, Химия. Одесса, Черноморье, 2010. – С. 46–48.

## APPLICATION OF HEAT PUMP IN VACUUM DRYER

Zh. Zhuman, doctoral student, e-mail: zhanserik.zhuman@aezov.edu.kz

N. Khanzharov, Candidate of Eng., Assoc. Prof., e-mail: khanzharov\_n@mail.ru

B. Abdizhapparova, Candidate of Eng., Assoc. Prof., e-mail: b.abdizhapparova@aezov.edu.kz

M. Auezov South Kazakhstan University

**Relevance of research.** Heat pump drying is proposed to be the most efficient due to the simplicity of the dryer design and the high level of latent heat recovery. In addition, it has the advantages of good product quality, possibility of temperature and humidity variations, excellent control of drying conditions, possibility of recovery of volatile substances etc. [1-3]. Principle of a heat pump is a part of hybrid or combined drying. Hybrid or combined drying technologies include carrying out of various regimes of heat transfer in the same or different dryers. Normally, the amount of heat absorbed by a wet material in a dryer varies from 5 to 10% of the supplied energy. The 95–90% of this energy may be recovered by means of a heat pump assisted drying, leading to substantial energy savings [4].

A heat pump drying system consists of two subsystems: a heat pump (refrigeration system) and a drying chamber. The drying chamber may be made of a tray, fluid bed, rotary or band conveyor.

There is a wide variety of designs for heat pump dryers.: split drying heat pump system, two-stage series evaporator drying heat pump system coupled with a drying chamber, two-stage modular heat pump dryer, two-stage parallel evaporator heat pump drying system. two-cycle heat pump dryer, two-stage compression heat pump etc.[5].

At the same time, the use of heat pumps in vacuum dryers, which require significant energy consumption, is relevant. The use of a heat pump in a vacuum dryer circuit will reduce energy costs for removing moisture from the material while preserving the biochemical composition of the dried product.

**The purpose of research**isto develop the design of a vacuum dryer using the principle of operation of heat pumps.

The authors of the article proposed the design of a hybrid dryer that combines vacuum drying and atmospheric post-drying (Fig.1). Atmospheric post-drying is based on a heat pump: post-drying of the material released from the vacuum dryer is carried out in an atmospheric dryer, where the heat of condensation of the refrigerant is used to heat the air.

**Basic research materials.** The developed installation includes a vacuum drying unit for thermolabile materials, a heat pump unit and an atmospheric final drying unit.The vacuum drying unit includes a vacuum chamber, a vacuum pump and a moisture freeze-out device, which is the evaporator of the refrigerating machine. The vacuum chamber is a cylindrical metal container with a hermetically sealed lid. There are shelves for placement drying material are fitted inside vacuum chamber. Necessary vacuum level in the chamber is provided by a vacuum pump, and the required pressure level is regulated by a vacuum valve.

The heat pump unit is a single-stage freon refrigeration machine included in the scheme of the dryer. This can significantly reduce the drying time of the material and reduce energy costs for the finished product due to the parallel implementation of vacuum and atmospheric drying of the material. In addition, the inclusion of the refrigerating machine in the scheme reduces the load on the vacuum pump by removing moisture vapors evaporating from the dried material with a moisture freeze-out device.The unit of atmospheric drying includes the device of thermal drying of thermolabile materials, the condenser of the refrigerating machine and the axial fan. Drying material is placed on mesh shelves. The condenser is an element of the refrigerating machine and is intended for heating the drying agent. Air is used as a drying agent. The drying agent is pumped into the thermal drying device by an axial fan. The uniformity of the blowing of the dried material is ensured by adjusting the rotation of the louver nozzles installed in the lower part of the thermal



drying device. Energy savings are achieved using the principle of obtaining cold and heat, which is the basis for the operation of heat pumps.

The principle of operation of the installation is described earlier[6].

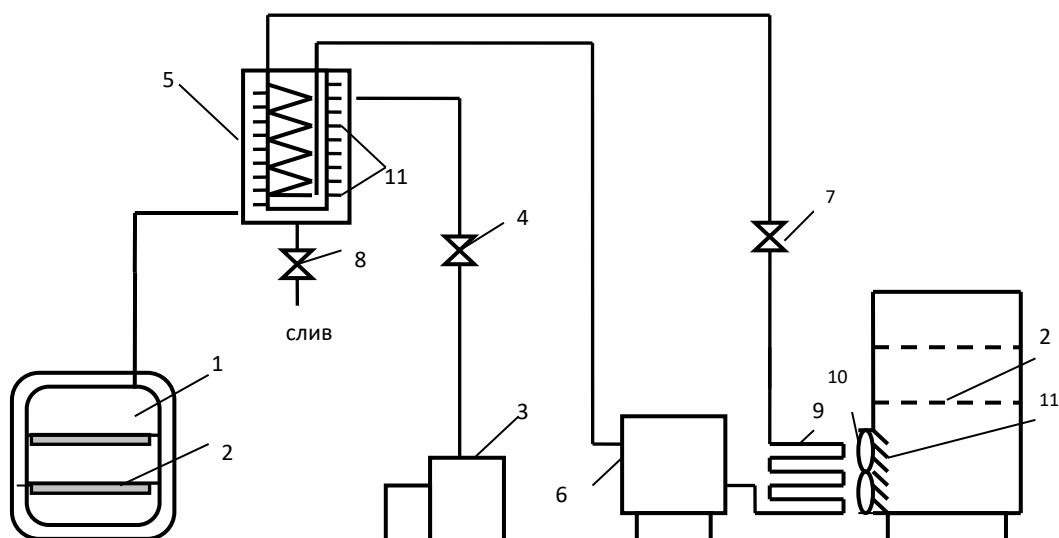


Figure 1. - Scheme of experimental vacuum-atmospheric dryer.

1 – vacuum chamber; 2 – shelves; 3 – vacuum pump; 4 – vacuum valve; 5 – evaporator; 6 – reciprocating compressor; 7 – expansion valve; 8 – valve; 9 – air condenser; 10 – axial fan; 11 – перегородки

In order to determine the economical mode of drying, the cost of electricity was calculated for the removal of 1 kg of moisture, taking into account energy-consuming sources: electric heaters, a vacuum pump, a refrigeration compressor and an air condenser fan.

**Conclusion.** The essence of combining vacuum drying with atmospheric drying is to include a heat pump in the vacuum drying installation, which provides heat for the process of atmospheric drying of the material and cold for the process of freezing moisture during vacuum drying. A good preservation of the biochemical composition of the dried products and a decrease in the energy consumption of vacuum-atmospheric drying compared to vacuum drying by 13-46% were noted, depending on the type of material being dried (solid or liquid).

#### REFERENCES

- 1 Mohammad Shafiur Rahman, Conrad O. Perera. Drying and Food Preservation p.404-427 in the book Handbook of food preservation / editor M. Shafiur Rahman. - 2nd ed. 2007.
- 2 Suwendu Bhattacharya (ed.). Conventional and Advanced Food Processing Technologies: Wiley Blackwell, 2015. 755 p.
- 3 Singham Pragati, BirwalPreeti. Technological Revolution in Drying of Fruit and Vegetables. International Journal of Science and Research (IJSR), 2014. Vol. 3 Iss.10. P.705-711.
- 4 Krishna Kumar Patel, Abhijit Kar. Heat pump assisted drying of agricultural produce—an overview. J Food Sci Technol.(2012) 49(2). P.142–160. DOI 10.1007/s13197-011-0334-z.
- 5 Vasile Minea. Overview of Heat-Pump–Assisted Drying Systems, Part I: Integration, Control Complexity, and Applicability of New Innovative Concepts, Drying Technology: An International Journal. (2014). P.1-12. DOI: 10.1080/07373937.2014.952377.
- 6 N. S. Khanzharov, B. T. Abdizhapparova, B. O. Ospanov, A. A. Dosmakanbetova, A. V. Baranenko, S. A. Kumisbekov, Zh. Serikuly. Designs of dryers based on combination of vacuum and atmospheric drying of food products. NEWS OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. (2018). №5(431), series of geology and technical sciences, Volume 5, Number 431. P. 141-149.

## СЕКЦІЯ 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА

УДК 004.94:517.997

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОПИСУ ДАНИХ ПРИ ПОБУДОВІ ЧИСЛОВОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ РЕГІОНОМ

Дьоміна В. М., к.т.н, доц., e-mail: [yvdemina17@gmail.com](mailto:yvdemina17@gmail.com)

Босенко К. О. бакалавр, e-mail: [bkarina0912@gmail.com](mailto:bkarina0912@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Етап соціально-економічного розвитку України в довоєнний період можна охарактеризувати, як бурхливо реформований з наявністю просторових деформацій на регіональному та внутрішньо-регіональному рівнях. За допомогою державної регіональної політики планувалося вирішити проблему асиметрії тенденцій регіонального розвитку, що тільки загострилася під час воєнного стану. І питання внутрішньо-регіональних соціально-економічних дисбалансів потрібно ретельно вивчати. Водночас на внутрішньо-регіональному рівні диференціація має велике значення для ряду показників економічного і соціального розвитку адміністративно-територіальних утворень. Така ситуація зумовлює наявність роздробленості соціально-економічного простору регіонів, розширення зон репресивності [1]. Це пов'язано з концентрацією фінансових ресурсів у центрах регіонального розвитку (зокрема у великих містах), із збільшенням розриву між містом і селом, із поглибленням проблем територіального дисбалансу на внутрішньо-регіональному рівні. Ці проблеми загострюються під час впровадження реформи місцевого самоврядування та адміністративно-фінансової децентралізації. Їх основний принцип – розвиток територіальних громад.

**Мета дослідження.** Використання нечіткої лінгвістичної продукційної моделі, заснованої на нечіткій логіці множин у поєднанні з нечіткими відносинами, що модифікують лінгвістичні змінні.

**Основні матеріали досліджень.** Нові економічні умови змусили дослідників і практиків шукати адекватні форми, методи та інструменти стратегічного управління регіоном. Для розробки концепції адаптивної методичної роботи на рівні регіональних досліджень, особливо в частині опису реальності [2], що дозволяє опрацьовувати великі обсяги даних в умовах наголосної невизначеності, можна використовувати багатозначну логіку та враховувати природу невизначеності [3]. В управлінні та ідентифікації використовується комплексний апарат диференціального та інтегрального числень. Натомість можна досить точно відобразити довільне співвідношення «вхід-вихід», використовуючи теорію нечітких множин. Саме для них кількість результатів нескінченна, але обмежена діапазоном від нуля до одиниці [4]. Кожному числовому коефіцієнту в нечіткій логіці можна порівняти лінгвістична змінна. Наприклад, лінгвістична змінна вплив може приймати такі значення: 0,1 – слабе, 0,3 – помірне, 0,5 – суттєве, 0,7 – сильне, 0,9 – дуже сильне. Нечіткі множини створюють основу для розвитку більш гнучкого підходу до аналізу міркувань та моделювання складних систем. Методи та моделі нечіткої математики знайшли своє застосування у розпізнаванні образів, аналізі зображень, експертних системах, системах підтримки прийняття рішень та у багатьох інших сферах [5].

Нехай складна система представлена когнітивною моделлю [7] як параметричного функціонального графа

$$R_n = \langle G, X, F, N, \Theta \rangle,$$

де  $G$  – когнітивна структура;  $X/V \rightarrow \Theta, X$  – множина параметрів вершин  $V$ ,  $F = F(X, E) = f(x_i, x_j, e_{ij})$  – функціонал перетворення дуг,  $N$  – кількість шарів,  $\Theta$  – простір параметрів вершин.

При будівництві моделі управління регіоном потрібно проаналізувати поточний стан вектора критеріїв. Проблема в контурі управління пов'язана з неможливістю чіткої

формалізації всіх понять, а також з тим, що «користувач» частково приховує справжні цілі і завдання, які вирішує система управління. Таким чином, необхідно досягти поставлених таким чином нечітких цілей, тобто формалізувати задачі управління нечіткими цільовими системами. У лінгвістичному описі нетривіальних процесів є лише нечітка інформація про переходи системи з одного стану в інший. Нечітка логіка дозволяє описувати нетривіальні складні системи, що розвиваються в часі, з елементами випадкової поведінки, що особливо важливо при побудові чисельної моделі управління регіоном. Поставлену задачу можна вирішити за допомогою методів нечіткої логіки. Поняття досліджуваної системи представлені у вигляді термів нечітких множин. Проте використання процедур нечіткої логіки не враховує індивідуальних особливостей регіональних інноваційних процесів. По-перше, виникає необхідність визначення системних показників (консонанс, дисонанс, взаємовплив тощо), які традиційно обчислюються. По-друге, зв'язки між поняттями змінюються з часом, і може змінюватися не тільки значення, але й характер впливу. Для врахування першої ознаки при моделюванні взаємозв'язку результатів реалізації стратегій соціально-економічного розвитку регіонів та інноваційних стратегій на регіональному рівні можна враховувати невизначеність характеристик системи.

Причинно-наслідковий зв'язок можна представити у вигляді матриці зв'язків. На її основі також можна розрахувати міру центральності концепту та отримати інформацію про прямі та непрямі причинно-наслідкові зв'язки на карті. Зупинимось на проблемі прийняття рішень на основі нечітких множин, тому нечітку систему регіонального управління можна описати за допомогою відображення

$$\Gamma: F(X^m) \rightarrow F(X^m)$$

де – множина нечітких відповідностей. Нечітке відображення  $\Gamma$  характеризує переходи від стану до стану і може бути встановлено за допомогою лінгвологічної моделі.

**Висновок.** Слабоструктуровані ситуації в розвитку регіонів, в яких «введено в дію» багато різномірних взаємодіючих факторів, зручно досліджувати за допомогою когнітивного моделювання. Велика кількість досліджень свідчить про те, що цей інструментарій підходить для дослідження різних аспектів розвитку з урахуванням регіональної диференціації. Такий підхід дозволяє описувати складні динамічні системи, що характеризуються високим ступенем невизначеності, що дає можливість наблизитися до істини у випадках, коли строгі об'єктивні методи не можуть бути використані через відсутність надійних вимірюваних даних. Моделі, що використовують нечітку логіку дозволяють будувати причинно-наслідкові зв'язки з прямим ланцюгом, а також оновлювати дані на основі числових навчальних даних або експертних думок. Описуючи зв'язки за допомогою запропонованих виразів, можна визначити ступінь комплексного впливу керованих понять на цільові поняття (у тому числі в динаміці), а також інші системні показники. Слід зазначити, що використання змінних співвідношень дозволить розширити сферу дії апарату когнітивного моделювання на системи управління на регіональному рівні.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тібінка Я. Концептуальні заходи щодо регулювання внутрішньо-регіональної соціально-економічної диференціації в умовах актуалізації місцевого самоврядування // Економічний форум. 1 том, 2016. С. 77–84.

2. Wenstop F. Deductive verbal models of organizations, *Int. J. Man-Machine Studies* 8, 1976, P. 293–311.

3. Many-Valued Logic, 2015. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/logic-manyvalued>

4. Chen Chen-Tung, Chiu Yen-Ting, A study of dynamic fuzzy cognitive map model with group consensus based on linguistic variables, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 171, 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521003802>.

5. Singh P. K., Chudasama H., Pathways for climate change adaptations in arid and semi-arid regions, *Journal of cleaner production*, vol 284 (2021).

## АДАПТАЦІЯ МОДУЛЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДО ВИКЛИКІВ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Зубко В. М., д. т. н., доц., академік АІН України, e-mail: zubkovladislav@ukr.net

Шуляк М. Л., д. т. н. проф., e-mail: [m.l.shulyak@gmail.com](mailto:m.l.shulyak@gmail.com)

Шелест М. С., аспірант, e-mail: [koladj1992@gmail.com](mailto:koladj1992@gmail.com)

Сумський національний аграрний університет

**Актуальність дослідження.** З настанням пандемії у світі Covid-19 університети стикнулись із проблемою надання якісної освіти дистанційно. Проблемою є навіть не викладення теоретичного матеріалу, що теж стало доволі проблематично із початком війни в Україні, через відсутність світла, а надання здобувачу ВО практичних навичок. Питання адаптації освіти до викликів дистанційного навчання досліджували Близнюк Т. [1], Мосьпан Н.[2], Луценко Г. [3] та ін.

Агроінженери перш за все мають знати і розуміти будову і принцип роботи агромашин. Оскільки, під час дистанційного навчання важко вдовольнити потребу здобувачів саме в практичній галузі знань, тому **метою** Сумського національного аграрного університету було започатковано практику із віртуальної роботи студента з агромашинами.

Для цього було створено модуль віртуальної і доданої реальності, що дозволяє занурити студента у атмосферу максимально наближену до реальної.

**Основні матеріали дослідження.** Так, для прикладу, якщо студент відвідує практичне заняття онлайн викладач має можливість продемонструвати всі деталі певної агромашини за допомогою доданої реальності. Для цього викладачами систематично розробляється відповідне програмне забезпечення для програми eDrawings. Це дозволяє під час практичного онлайн-заняття поширити екран та детально і з наочними прикладами розповісти про певну агромашину про яку йдеться у темі (Рис. 1).

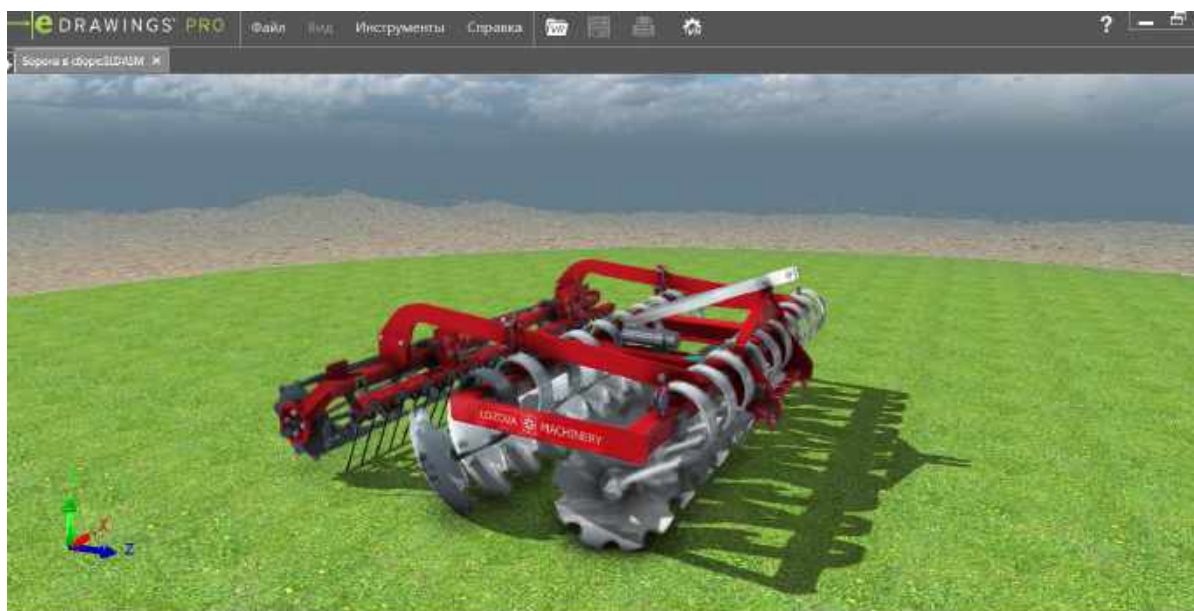


Рис. 1– Вигляд креслення дисківі борони від Lozova Machinery у програмі eDrawings

При цьому доступ до креслень має, на жаль, лише викладач. Однак, за можливості студенти мають змогу відвідувати модуль віртуальної реальності в університеті (Рис. 2). Це дає їм можливість ознайомитись із агромашинами, що не представлені у матеріальній базі ЗВО.



Рис. 2 – Робота студентів у модулі віртуальної реальності

Для надання таких матеріалів студентам команда Сумського НАУ постійно працює над поповненням 3D-моделей. Зокрема, 3D-креслення надаються партнерами різних компаній для навчання студентів на прикладах вже сучасного обладнання. Також колектив викладачів разом із студентами займаються перетворенням двовірних креслень певних деталей в тривимірну збірку агромашин для подальшого використання у програмах віртуальної та поданої реальностей.

**Висновок.** Таким чином колектив Сумського НАУ бореться із викликами сучасності та працює на інтереси студентів. Оскільки, наразі перспективи завершення дистанційного навчання в Україні доволі невеликі, маємо працювати і поповнювати колекцію 3D-моделей і надалі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Blyznyuk T. Boom in distance learning during the coronavirus pandemic: challenges and possibilities / T. Blyznyuk, O. Budnyk, T. Kachak – Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, 8 (1), 2021 - 90-98. <https://doi.org/10.15330/jpnu.8.1.90-98>
2. Мосьпан Н. Трансформація національної вищої освіти під час пандемії Covid-19 очима студентів та викладачів / Н. Мосьпан - Освітологічний дискурс, 35(4), 2021 - 141-153. <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2021.49>
3. Луценко Г. Особливості дистанційної освіти в Україні під час пандемії COVID-19: управлінський аспект / Г. Луценко, О. Луценко - Adaptive Management: Theory and Practice. Series Pedagogics, 13(25). [https://doi.org/10.33296/2707-0255-13\(25\)-010](https://doi.org/10.33296/2707-0255-13(25)-010)

## КІБЕРБЕЗПЕКА, ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В АПВ

Левкін А. В., к.т.н., доц., e-mail: [Artur.lav@3g.ua](mailto:Artur.lav@3g.ua)Котко Я. М., к.е.н., ст. викл., e-mail: [kotkoyana@ukr.net](mailto:kotkoyana@ukr.net)

Держаний біотехнологічний університет, Україна

Левкіна Р. В., д.е.н., проф., e-mail: [Levkina@3g.ua](mailto:Levkina@3g.ua)

Національний університет «Одеська політехніка»

**Актуальність дослідження.** Поява нових ІТ-технологій останніми роками сприяло численним перевагам та виникненню низки проблем, зокрема, зросла інтенсивність кібератак на ІТ-системи підприємств, у тому числі, агропромислового виробництва, процеси збереження й передачі інформації у підприємницькій діяльності. Як відомо, комплексна система кібербезпеки підприємств АПВ включає в себе систему тактичного інформаційного захисту (діагностика та виявлення інформаційних загроз), систему забезпечення стратегічного пріоритету (інформаційно-організаційна політика та стратегії інформаційного захисту підприємства), що дозволяє гарантувати стабільне функціонування та розвиток. Головним завданням системи кібербезпеки залишається захист його комерційної та економічної інформації, що характеризує всі аспекти господарської діяльності. Проте для досягнення вказаної мети потрібно розробити та запровадити нову політику кібербезпеки, яка відповідає сучасному стану розвитку інформаційних систем, має певний потенціал розвитку з огляду на виклики сучасної кібербезпеки та прагнення суб'єктів протистояти виникненню кіберзагрози, та необхідність виявлення й аналізу намірів нападу, слабких місць кібернетичної безпеки конкретного підприємства. Дослідженнями наукових проблем розробки системи кібербезпеки для підприємств АПВ, що пов'язані, зокрема, із удосконаленням механізму виявлення кібератак та створення дієвої моніторингової системи забезпечення кібербезпеки, займалися такі закордонні вчені як: A. Bessi, L. Bilge, R. Breu, J. S. Brownstein, N. Cuppens-Boualahia, F. Cuppens, P. Chakraborty, M. Dell'Amico, R.J. Ellison, E. Ferrara, C.H. Ong, E. Pontes. Серед вітчизняних вчених необхідно назвати таких як: В.Б.Авер'янова, В.В.Собчук, [2], К.Ю.Галинський, О.Г. Корченко, О.Є.Користіна, Р.С.Мельника, А.І.Марушака, А.В. Міщенко, О.В.Орлова, О.В.Олійник, Є.В.Петров, В.А.Савченко, О.І.Харитонову, Ю.Є.Хохлачов, Г.В. Шуклін та ін. В умовах сучасних ринкових трансформацій ІТ-технології набувають нового значення у контексті зростання актуальності питань щодо формування і реалізації передумов ефективного функціонування та пріоритетного розвитку підприємств АПВ. Такі технології повинні забезпечувати функціонування системи кібербезпеки підприємства, основним завданням якої є захист підприємницької інфраструктури, а саме: перевірка постачальників ресурсів, захист від поширення недостовірної й вірусної інформації, мінімізація кіберзагроз та кібератак. Зі зростанням вірогідності кіберзагроз у сфері АПВ зростає потреба у розробці тактичних дій і формування комплексної стратегії кібербезпеки підприємства, що повинні враховувати наступні складові: залежність інформаційно-технічної інфраструктури підприємства від іноземних технологій; залежність системи кіберзахисту інформаційно-телекомунікаційних систем від рівня вразливості програмно-апаратного обладнання, а саме, виявлення причин витоку важливої інформації; державна політика в галузі забезпечення кібербезпеки; механізм контролю та відповідальності учасників мережі Інтернет у сфері інформаційно-комунікаційних технологій та інше [3].

**Основні матеріали дослідження.** Наразі підприємницька діяльність в АПВ потребує ефективної системи кіберзахисту, яка використовується при взаємодії із потенційними споживачами, партнерами та при автоматизації внутрішніх процесів діяльності. Адже відомо, що результати порушення рівня кібербезпеки не лише призводять до величезних збитків, а й можуть бути критичними. На практиці існує декілька підходів забезпечення достатнього рівня кібербезпеки: *традиційний підхід* – базується на обмеженні використання брандмауера, антивірусного пакету й засобів шифрування при захисті систем даних, пристроїв, технологій підприємства від кібератак; *інноваційно-комплексний підхід* –

базується на використанні сучасних технологій, формують інтегровану платформу кіберзахисту і забезпечують безпеку кінцевих точок (комп'ютери, віртуальні диски, вбудовані й мобільні пристрої та сервери, пристрої Інтернету речей, камери, холодильники, системи освітлення, пристрої гучного зв'язку, термостати тощо), безпеку електронної пошти, захист комерційної інформації та особистих даних. Таким чином відбувається найбільш повний і ефективний рівень забезпечення активів підприємства [4]. У публікаціях описано декілька способів забезпечення кібербезпеки у напрямку запобігання ненавмисним втратам, пошкодження чи несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації підприємницької діяльності. Таким є спосіб, що дозволяє безпечно з'єднання: публічні точки доступу до Wi-Fi, smart-пристрій до робочого ноутбука, модем або точка доступу. У іншому випадку враховується можливість постійного оновлення програмного забезпечення та операційних систем (встановлення останньої версії програми, оновлення та форматування персональних пристроїв, операційної системи, програм та іншого програмного забезпечення), що передбачає зміни пароля, акаунту, персональних бездротових мереж та пристроїв. Спосіб економічно-інвестиційного забезпечення передбачає зв'язок нематеріальних активів із хмарним середовищем, хмарне резервне копіювання програмного забезпечення, що постійно й автоматично копіює усі файли і данні користувачів, сканує робочий процес (використовується відновлення файлів як елемент захисту цифрових активів, а резервне копіювання як засобом для цього). Спосіб сканування даних антивірусними програмами та шифрування використовується при передачі конфіденційної інформації, оскільки передбачає складний алгоритм та ключі шифрування [5]. Разом з тим системного дослідження вимагають питання ефективного попередження кібератак саме для підприємств АПВ і їх підприємницької діяльності: комунікаційні бізнес-процеси, де захист критичної інформації у електронній документації є найбільш складним: корпоративна документація, реквізити фінансових рахунків, податкова звітність (більшість інструментів інформаційного захисту є безкоштовними завдяки веб-браузерам SLUCK, Google Hangout, Skype і забезпечують конфіденційність програм); процеси соціальної комунікації, де найвищий рівень інформаційно-технічних ризиків і одночасний вплив на репутаційно-іміджеву систему підприємництва; фінансово-виробничі процеси (неправильна інтерпретація фінансової звітності й реалізація фінансової політики формує ризики невідповідності стратегічних пріоритетів) [6, 7].

**Висновок.** Висока ефективність реалізації ключових процесів підприємницької діяльності АПВ значною мірою залежить від використання сучасних високонадійних антивірусних та інших програм, що дозволяють попередити кіберризики підприємництва у АПВ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Веселова Л. Ю. Методологічні засади пізнання кібернетичної безпеки. *Південноукраїнський правничий часопис*. 2019. № 4. Ч. 2. С. 162-165.
2. Галахов Є. М., Собчук В. В. Розвиток моделей кібератак у площині інформаційної безпеки підприємства. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. Київ, ДУТ. 2019. № 4 (65). С. 12 – 24.
3. Білявська Ю., Микитенко Н., Шестак Я. Кібербезпека та захист інформації під час пандемії COVID-19. *Товари і ринки*. 2021. № 1. С. 34-46.
4. Антонова С. Є., Мартинюк Г. Ф. Інформаційна безпека. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2019. №11. [http://www.dy.nayka.com.ua/pdf/11\\_2019/38.pdf](http://www.dy.nayka.com.ua/pdf/11_2019/38.pdf)
5. Гребенюк М. Деякі питання організаційно-правового забезпечення кібербезпеки : огляд кращих практик зарубіжного досвіду. *Підприємництво, господарство і право*. 2019. №2. С. 203-207.
6. Дейнега О. В. Інформаційна безпека підприємств в умовах глобалізації 4.0. *Економіка та суспільство*. 2019. № 20. С. 199-208.
7. Levkin, A., Levkina, R., Petrenko A., Chaliy I. Economic Security as a Result of Modern Biotechnology Implementation. *Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T '2019): 2019 IEEE International Scientific Practical Conference (October 8-11, 2019)*, Kyiv, 2019. Pp. 139-142.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДАМИ ОПТИЧНОГО ПОТОКУ

Мегель Ю. Є., д.т.н., проф., e-mail: [megelye@gmail.com](mailto:megelye@gmail.com)

Чалий І. В., к.т.н., доц., e-mail: [ivchaly@gmail.com](mailto:ivchaly@gmail.com)

Міхнова О. Д., к.т.н., доц., e-mail: [mikhnova@btu.kharkov.ua](mailto:mikhnova@btu.kharkov.ua)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Необхідність моніторингу стану технічних та медичних рухомих об'єктів виникає у повсякденному житті щохвилини. На сьогодні існує багато алгоритмів розрахунку оптичного потоку, серед яких найвідомішими та одними з найперших винайдених є алгоритм Лукаса і Канаде (1981), алгоритм Хорна і Шунка (1981), алгоритм Блека і Анандана (1996). Повний перелік існуючих алгоритмів можна знайти у базі даних Middlebury (рис. 1), де наведено оцінку продуктивності кожного алгоритму для різних типів стандартизованих відеоданих, хоча й без урахування процесорних потужностей комп'ютерів, на яких проводяться розрахунки. Ця база з алгоритмами постійно оновлюється, що свідчить про актуальність цього напрямку досліджень. На грудень 2009 у базі було лише 24 алгоритми, тоді як на грудень 2012 доступно було вже 77, наприкінці 2021 року база містила 191 алгоритм.

Average endpoint error	avg. rank	Army (Hidden texture)			Mequon (Hidden texture)			Schefflera (Hidden texture)			Wooden (Hidden texture)			Grove (Synthetic)			Urban (Synthetic)			Yosemite (Synthetic)			Teddy (Synthetic)			
		all	disc	untext	all	disc	untext	all	disc	untext	all	disc	untext	all	disc	untext	all	disc	untext	all	disc	untext				
		GI	m0	m1	GI	m0	m1	GI	m0	m1	GI	m0	m1	GI	m0	m1	GI	m0	m1	GI	m0	m1				
RAFT-0 [194]	1.7	0.07	0.21	0.06	0.15	0.48	0.11	0.17	0.52	0.14	0.04	0.24	0.03	0.40	0.88	0.25	0.09	0.51	0.07	0.06	0.11	0.07	0.20	0.61	0.61	0.20
NMF-Local [75]	5.8	0.07	0.20	0.05	0.15	0.51	0.12	0.18	0.37	0.14	0.19	0.49	0.06	0.41	0.64	0.21	0.23	0.66	0.19	0.10	0.12	0.17	0.34	0.80	0.23	
PMMST [112]	13.3	0.08	0.21	0.07	0.15	0.51	0.16	0.21	0.42	0.17	0.19	0.33	0.08	0.51	0.74	0.26	0.24	0.65	0.20	0.11	0.12	0.17	0.32	0.74	0.35	
RAFT-FF_RVC [178]	13.3	0.10	0.30	0.05	0.13	0.55	0.14	0.21	0.43	0.19	0.05	0.23	0.04	0.51	0.75	0.25	0.14	0.42	0.11	0.07	0.12	0.08	0.32	0.80	0.27	
OFLAF [76]	14.5	0.08	0.21	0.06	0.16	0.53	0.12	0.19	0.37	0.14	0.14	0.77	0.07	0.51	0.78	0.25	0.31	0.76	0.25	0.11	0.12	0.16	0.21	0.42	0.78	0.63
MDP-Flow2 [66]	15.0	0.08	0.21	0.07	0.19	0.48	0.11	0.20	0.49	0.14	0.12	0.80	0.06	0.62	0.82	0.43	0.20	0.76	0.23	0.11	0.12	0.17	0.32	0.79	0.44	
NH-Flow [71]	16.4	0.08	0.22	0.06	0.17	0.55	0.13	0.19	0.39	0.15	0.08	0.48	0.05	0.41	0.64	0.20	0.52	0.64	0.26	0.15	0.13	0.20	0.35	0.83	0.21	
ComponentFusion [94]	19.6	0.07	0.21	0.06	0.18	0.55	0.12	0.20	0.44	0.15	0.11	0.85	0.08	0.71	1.07	0.33	0.32	1.06	0.28	0.11	0.13	0.15	0.41	0.88	0.54	
CoT-AMFlow [174]	22.4	0.08	0.22	0.07	0.15	0.48	0.12	0.21	0.45	0.15	0.16	0.86	0.08	0.87	0.96	0.36	0.27	0.82	0.24	0.12	0.12	0.18	0.42	0.85	0.60	
TOT-Flow [77]	26.4	0.07	0.21	0.06	0.19	0.68	0.12	0.23	0.68	0.14	0.14	0.88	0.07	0.87	0.98	0.49	0.22	0.82	0.19	0.11	0.11	0.30	0.50	0.82	0.84	
PRAF-Flow_RVC [177]	27.2	0.11	0.27	0.08	0.24	0.64	0.19	0.28	0.61	0.23	0.12	0.62	0.06	0.60	0.87	0.38	0.18	0.50	0.15	0.07	0.12	0.08	0.49	0.82	0.51	
WLF-Flow [91]	27.3	0.08	0.21	0.08	0.18	0.55	0.15	0.25	0.56	0.17	0.14	0.88	0.06	0.62	0.81	0.41	0.43	0.96	0.29	0.13	0.12	0.21	0.54	0.85	0.72	
InfDAF [167]	28.2	0.09	0.26	0.07	0.16	0.53	0.11	0.22	0.48	0.15	0.17	0.93	0.08	0.70	1.04	0.48	0.29	0.92	0.24	0.12	0.12	0.18	0.45	0.85	0.58	
NMF-EAC [101]	29.0	0.09	0.22	0.07	0.17	0.53	0.13	0.21	0.49	0.15	0.16	0.80	0.09	0.60	0.89	0.40	0.58	0.76	0.28	0.12	0.12	0.18	0.57	0.84	0.60	
Layers++ [37]	29.7	0.08	0.21	0.07	0.19	0.56	0.17	0.20	0.40	0.16	0.13	0.88	0.07	0.48	0.70	0.33	0.47	1.01	0.32	0.15	0.14	0.24	0.46	0.88	0.72	
ROF++ [68]	30.5	0.08	0.23	0.07	0.21	0.58	0.17	0.23	0.63	0.19	0.15	0.73	0.09	0.60	0.89	0.42	0.43	1.08	0.31	0.10	0.12	0.12	0.47	0.86	0.66	
LME [70]	30.7	0.08	0.21	0.06	0.19	0.55	0.11	0.21	0.44	0.14	0.15	0.75	0.09	0.60	0.85	0.33	0.43	1.10	0.23	0.12	0.12	0.12	0.47	0.82	0.61	

Method	time* frames	color	Reference and notes	
[1] 2D-DLG	844	2	gray	The 2D-DLG method by Bruhn et al. as implemented by Stefan Roth (A. Bruhn, J. Weickert, and C. Schnorr, Lucas-Kanade meets Horn/Schunck: combining local and global optic flow methods. IJCV 63(3), 2005.) Parameters were set to match the published performance on Yosemite sequence, which may not be optimal for other sequences.
[2] PyramidLK	12	2	color	A modification of Bouguet's pyramidal implementation of Lucas-Kanade.
[3] Horn & Schunck	49	2	gray	A modern Matlab implementation of the Horn & Schunck method by Deqing Sun. Parameters set to optimize AAE on all training data.
[4] Black & Anandan	328	2	gray	A modern Matlab implementation of the Black & Anandan method by Deqing Sun.
[5] Brox et al.	18	2	color	T. Brox, A. Bruhn, N. Papenberg, and J. Weickert. High accuracy optical flow estimation based on a theory for warping. ECCV 2004. (Improved using separate robust functions as proposed in A. Bruhn and J. Weickert, Towards ultimate motion estimation, ICCV 2005; improved by training on the training set.)
[6] Fusion	2,666	2	color	V. Lempitsky, S. Roth, and C. Rother. Discrete-continuous optimization for optical flow estimation. CVPR 2008.
[7] Dynamic MRF	356	2	gray	B. Glocker, N. Paragios, N. Komodakis, G. Tziritas, and N. Navab. Optical flow estimation with uncertainties through dynamic MRFs. CVPR 2008. (Method improved since publication.)
[8] Second-order prior	14	2	gray	W. Trobin, T. Pock, D. Cremers, and H. Bischof. An unbiased second-order prior for high-accuracy motion estimation. DAGM 2008. (Method improved since publication, for details see W. Trobin, Ph.D. thesis.)
[9] GroupFlow	600	2	gray	X. Ren, L. S. Davis. Grouping for Optical Flow. CVPR 2008.

Рис. 1– Приклад характеристик алгоритмів у базі даних Middlebury

**Метою досліджень** є вивчення особливостей існуючих методів оптичного потоку та аналіз можливостей їх застосування у медичній та технічній областях.

**Основні матеріали досліджень.** В основі оптичного потоку лежить наявність відносно стабільної інтенсивності в локальних областях зображень, які ідуть послідовно у змінюваному за часом фрагменті відео. Таким чином, якщо у деякій локальній області з'являються значні зміни, це означає наявність руху у даному сегменті зображення. Іншими словами, кореляція сегментів зображення розглядається з точки зору зміни їх інтенсивності від кадру до кадру.



Коли швидкість зміни інтенсивності у ряді зображень є гомогенною, рух майже не спостерігається за допомогою оптичного потоку. Така концепція допомагає оцінити тільки значні зміни. Більше того, спалахи камери можуть мати негативний вплив, оскільки метод значною мірою покладається на інтенсивність. Але, коли ми розглядаємо медичні зображення із штучним освітленням та доволі сталими характеристиками фону та спалахів камери, нюанси роботи даного методу діють на користь. З успіхом можуть бути застосовані глобальні та локальні методи на базі диференціювання інтенсивності, оскільки вони отримують швидкість рухомого пікселя від просторово-часових похідних інтенсивності. До цієї групи належить алгоритм Хорна-Шунка. Він передбачає, що інтенсивність пікселів з однієї області інтересу залишається практично незмінною під час руху об'єктів. Однак, рух може спричинити зміну ознак зображення у локальній області при афінному перетворенні. Таким чином, повинен бути деякий рівень варіативності інтенсивності пікселів усередині однієї та тієї ж самої області.

Наявність багатьох рухів у локальній області додає цілий ряд рівнянь, що повинні бути розв'язані. Наприклад, питання апертури можна вирішити завдяки введенню до розрахунку похідної другого порядку до інтенсивності пікселів. Коли ми отримуємо матрицю інтенсивності пікселів із їх похідними другого порядку, які змінюються у часі, із додатковими обмеженнями, алгоритм починає вимагати додаткові обчислювальні ресурси. Щоб уникнути цієї проблеми, використовується теорема Гаусса.

Як один із варіантів, можна розраховувати похідні інтенсивності після визначення границь контуру об'єктів. Виявлення границь об'єктів традиційно виконується за допомогою фільтра Габора, фільтрів класифікації пікселів з наглядом та без, Марківсько-голанцюга, сегментації за водорозділом. До більш складних методів сегментації на об'єкти належать: дескриптори Фур'є, моменти Церніке, ланцюговий код Фрімана, вейвлет-трансформація, оператор Робертса, оператор Собеля, оператор Кірша, оператор Прюїтта, оператор Лапласа, детектор границь Кенні. Як і оптичний потік, багато із вищезгаданих методів використовують градієнтний аналіз інтенсивності.

**Висновок.** Аналіз існуючих методів виявлення оптичного потоку на основі сегментованих областей показав значну варіацію потоку на границях об'єктів. Іншими словами, різні швидкості руху виникають на граничних пікселях одного й самого об'єкта. Саме тому на границях об'єктів має сенс застосовувати згладжувальну швидкість. Це дозволить отримати універсальній вектор швидкості для опису повної швидкості об'єкта. Також це дає можливість уникнути похибок при некоректній сегментації на області.

Будучи методом штучного інтелекту, оптичний потік також може застосовуватись при сегментації зображень, прогнозуванні часу до зіткнення, розрахунку швидкості (часу розширення або звуження), компенсації руху та будь-яких інших вимірюваннях потоку. Першочергову увагу при цьому слід приділяти однорідності освітлення областей інтересу, рух яких розглядається, сталій яскравості фоновій сцени для забезпечення чистоти оцінки руху. Усе це накладає деякі обмеження на область застосування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коваленко С. М., Коваленко С. В., Міхнова О. Д., Лозова С. О. Автоматизація контролю рухів пацієнта під час сну. *Modern scientific challenges and trends*. Issue 8(53), С.22-23, 2022.
2. Baker S., Scharstein D., Lewis J.P., Roth S. A database and evaluation methodology for optical flow. *International Journal of Computer Vision*. Vol. 92, no. 1, PP. 1–31, 2011.
3. Beauchemin S.S., Barron J.L. The Computation of Optical Flow. *ACM Computing Surveys*. Vol. 27, no. 3, pp.433-467, 1995.
4. Duncan J. H., Chou T. On the detection of motion and computation of optical flow. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol. 14, no. 3, pp. 346-352, 1992.
5. Perrone J. A. Simple technique for optical flow estimation. *Journal of the Optical Society of America*. Vol. 7, no. 2, pp. 264-278, 1990.

## РОЛЬ КОНТРОЛІНГУ ПІД ЧАС УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ РИЗИКАМИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Мегель Ю.Є., д.т.н., проф., e-mail: [megelye@gmail.com](mailto:megelye@gmail.com)

Чалий І. В., к.т.н., доц., e-mail: [ivchaly@gmail.com](mailto:ivchaly@gmail.com)

Левкін А. В., к.т.н., доц., e-mail: [Artur.lav@3g.ua](mailto:Artur.lav@3g.ua)

Левкін Д. А. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Для підвищення ефективності виробничої діяльності підприємств потрібно забезпечити підприємства високоточними програмно-апаратними засобами контролінгу можливих енергетичних ризиків. Процес розробки програмно-апаратних засобів ґрунтується на застосуванні коректних розрахункових і прикладних оптимізаційних математичних моделей технологічних процесів. Через те, що процес оптимізації управляючих параметрів складних систем забезпечується завдяки багаторазовій реалізації крайових задач в процесі пошуку локальних екстремумів функції мети і її параметрів, то у багатьох випадках коректність розрахункових математичних моделей гарантує коректність прикладних оптимізаційних математичних моделей. Забезпечення коректності математичних моделей дозволить підвищити рівень функціонування енергетичної системи в умовах невизначеності національної економіки.

**Основні матеріали досліджень.** В роботі досліджені деякі аспекти розв'язання задачі підвищення ефективності виробничої діяльності підприємств в умовах невизначеності національної економіки. Актуальність обраної тематики відзначена в роботах [1, 2], де запропоновані математичні моделі і методи для розрахунку і оптимізації управляючих параметрів технічних систем.

За складної просторової форми досліджуваного об'єкта під дією джерел навантаження неможливо одразу гарантувати існування єдиного розв'язку диференціального рівняння з крайових задач. З метою підвищення точності контролінгу енергетичних ризиків доцільно підвищити точність реалізації крайових задач для диференціальних рівнянь, які описують стан модельованої системи. Проте, при формалізації розрахункових математичних моделей (крайових задач) це збільшить число врахованих факторів з технологічного процесу та, як наслідок цього, ускладнить вид функції мети та системи обмежень на технічні параметри. З метою збільшення точності контролінгу енергетичних ризиків та втрат піддослідного матеріалу для здійснення варіації правої частини диференціальних рівнянь з крайових задач потрібна їх коректна постановка [3].

При визначенні та обґрунтуванні умов коректності багатоточкових крайових задач, які описують стан модельованої системи під дією дискретних джерел термічного навантаження, досить складно визначити умови коректності. Для обґрунтування умов коректності крайових задач в багатопаровому середовищі можливо скористатись теорією псевдодиференціальних операторів. З метою забезпечення адекватності розрахункових математичних моделей, що описують процес термічної дії на технічну систему, запропоновано метод дослідження задачі Коші для системи збурених псевдодиференціальних рівнянь. Це дозволить визначити та обґрунтувати умови коректності вказаної задачі.

Авторами визначені умови коректності багатоточкових крайових задач з диференціальними рівняннями, обґрунтовані умови існування коректної крайової задачі для довільних параболических рівнянь, з'ясовано чим доцільно збурювати праву частину основного диференціального рівняння крайової задачі, щоб крайова задача залишилась коректною. Визначено, що дана крайова задача коректна в просторах узагальнених функцій за достатньо малими збуреннями. Це гарантує адекватність реалізації прикладних оптимізаційних математичних моделей. Отримані результати дозволять застосувати метод параметрикса для

коректної постановки крайової задачі рівнянь теплопровідності, яка є основою розрахункової математичної моделі, наприклад, для кулястого матеріалу з неоднорідними включеннями.

Наведемо методику для контролінгу енергетичних ризиків при виробничій діяльності підприємств. Сформуємо вихідні дані про модельовану систему, а саме, про: просторову форму піддослідного матеріалу; геометричні розміри матеріалу; кроки дискретизації матеріалу; коефіцієнти, що входять у постановку вихідної крайової задачі; параметри обчислювального процесу для чисельної реалізації крайової задачі; параметри обчислювального процесу для чисельної реалізації крокового методу оптимізації; критерії припинення пошуку локального екстремуму й перебору локальних екстремумів. Задають перше наближення компонентів вектора параметрів термічного навантаження. Ця вихідна інформація може бути сформована на основі експертного оцінювання результатів застосування подібної лазерної технології та погоджена з можливостями застосовуваних існуючих технічних засобів. Після цього здійснюється аналіз виконання заданої системи двосторонніх обмежень на компоненти вектора параметрів функції мети. Якщо обмеження на параметри не виконуються, то здійснюється повернення до попереднього блоку завдання вихідних значень параметрів й процес повторюється. Якщо ж обмеження виконуються і технічні засоби дозволяють забезпечити завдання цих значень параметрів, то здійснюється перехід до наступного блоку розв'язку відповідної крайової задачі. Для цього на основі попередньо заданих вихідних даних здійснюється формування й розв'язання крайової задачі, яка описує температурне поле в матеріалі під дією джерел термічного навантаження. За багатошарової будови піддослідного матеріалу та наявності специфічних особливостей процесу термічного навантаження (зони заборони на рух лазерного променя, наявності мікротріщин на зовнішній оболонці матеріалу), для розв'язання крайових задач доцільно використати метод Фур'є відокремлених змінних і метод невизначених коефіцієнтів.

Відповідно до виду функції мети здійснюється пошук і аналіз її локальних екстремумів. Отримані значення локальних екстремумів аналізуються за наперед заданим критерієм припинення пошукового процесу перебору локальних екстремумів. Якщо відповідний критерій виконується, то процес оптимізації припиняється й на виході фіксується оптимальне значення функції мети і вектор оптимальних параметрів. Якщо ж критерій не виконується – здійснюється корекція нових значень параметрів й далі обчислювальний процес повторюється. Пошук локальних екстремумів функції мети здійснюється до поки не буде досягнута зазначена заздалегідь точність оптимізацій або не буде вичерпаний відведений на оптимізацію час. Таким чином, за злічену кількість ітерацій з формування та розв'язання крайових задач, отримуємо оптимальні значення технічних параметрів функції мети.

**Висновок.** Застосування результатів дослідження авторів дозволить підвищити ефективність контролінгу у частині забезпечення точності і відповідності нормативам енергетичних показників. Це мінімізує енергетичні ризики при забезпеченні технологічних процесів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Каменева І. П., Артемчук В. О. Проблема інформативності та визначення інформативних структур для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки. *Електронне моделювання*. 2022. Т. 44. №3. С. 50–64. <https://doi.org/10.15407/emodel.44.03.050>
2. Scoblo T. S., Klochko O. Y., Romanchenko V. N., Belkin E. L. Features of the carbide phase degradation under heating and deformation. *Letters on Materials*. 2021. Vol. 11, No. 1. Pp. 22–27. <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2021-1-22-27>
3. Мегель Ю. Е., Пуятин В. П., Левкин Д. А., Левкин А. В. Математическое моделирование и оптимизация параметров действия лазерного луча на многослойные биоматериалы. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси»*. Х.: НТУ «ХПІ», 2017. No. 20(1242). С. 60–64.

КЛАСИФІКАЦІЯ КІБЕРЗАГРОЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ  
ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯСорокін М. С. к.т.н., доц., e-mail: [sorokin.ekt@btu.kharkov.ua](mailto:sorokin.ekt@btu.kharkov.ua)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Мережеві системи управління (МСУ) все частіше застосовуються для полегшення моніторингу та контролю під час автоматизації виробничого процесу. В останні роки назміну електромеханічним пристроям з жорстким підключенням за допомогою провідників у так званих системах диспетчерського контролю і збору даних приходять підключені до інтернету за допомогою бездротових пристроїв до вбудованих мікроконтролерів датчиків та систем керування. Ці технології дозволяють модернізувати сучасні МСУ, досягнувши більш високої швидкості та менших експлуатаційних витрат. Тим не менш, останні події свідчать про значні проблеми з безпекою МСУ.

**Метою досліджень** є розглянути та запропонувати класифікацію кіберзагроз мережевих систем управління з технологічними процесами виробництва відповідно до міжнародних норм.

**Основні матеріали досліджень.** Безпека МСУ принципово відрізняється від IT-безпеки, оскільки МСУ мають взаємодіяти з базовою фізичною інфраструктурою в режимі реального часу контролюючи або змінюючи параметри виробничого процесу. Відповідно там де є контроль або зміна параметру функції є потенційно небезпечним місцем для втручання. Незважаючи на те, що останні зусилля спрямовані на застосування рішень IT-безпеки до МСУ, ці рішення безпосередньо не усувають ризиків, пов'язаних зі зростаючою кількістю кібератак, які здатні поставити під загрозу дані датчиків управління [1], [2]. В результаті, незважаючи на значні досягнення в розробці відмово стійких МСУ, в кращому випадку мало розуміння їх стійкості до кіберінцидентів. Безперечно, питання кібербезпеки не розглядалися при проектуванні застарілих SCADA-систем.

Кібератаки з МСУ можна в широкому сенсі класифікувати як комп'ютерні аварії, нецільові атаки та цілеспрямовані атаки. Результатом кібератак може бути вплив на економічну діяльність підприємства, тобто погіршення технологічного процесу із метою недоотримання запланованого рівня прибутку. Отже втручання на такому рівні можна кваліфікувати як кібертероризм, що є суттєвим злочином.[3] Комп'ютерні аварії трапляються у вигляді повторного виявлення ненавмисних збоїв IT. Нецільові атаки на МСУ схожі на інциденти, від яких може постраждати будь-який комп'ютер, підключений до мережі. Цілеспрямовані атаки на МСУ є найсерйознішим класом атак, оскільки зловмисники адаптують свої стратегії до компонентів автоматизованої системи керування технологічним процесом [4]. Найбільш яскравим прикладом можна вважати випадок коли черв'як Stuxnet [5] продемонстрував серйозні загрози для МСУ. Stuxnet має можливість інфікувати і перепрограмувати програмовані логічні контролери (ПЛК) і приховувати зміни за допомогою руткіта ПЛК. Кібератаки, націлені на системи МСУ, можуть бути класифіковані як атаки обману та атаки типу «відмова в обслуговуванні» (Denial of Service, DoS), які, відповідно, призводять до втрати цілісності та доступності даних систем контролю та управління. Працездатність для SCADA-систем можна визначити як їх здатність підтримувати виконання операцій шляхом запобігання, виявлення або стійкості до атак обману. Атаки обману можуть включати неправильне вимірювання датчиків або введення над ними контролю, неправильну позначку часу або неправильну ідентичність пристрою, що посилає сигнал керування. Зловмисник може розпочати ці атаки, отримавши секретні ключі, що використовуються пристроями, що підключені до мережі, або імітуючи режим невідповідності певних датчиків та виконавчих механізми. Стійкість до кіберзагроз для SCADA-систем можна визначити як здатність підтримувати виробничий процес, запобігаючи або під дією DoS-атаки на датчики вимірювання та управління входами-виходами програмованих логічних мікроконтролерів. Щоб розпочати DoS-атаку, зловмисник може глушити канали зв'язку, перешкоджаючи виробничому обладнанню та пристроям

надсилати дані або наповнювати мережу зв'язку даними не пов'язаними із технологічним процесом.

Мережеві вразливості виникають в МСУ через чотири фактори. По-перше, завдяки широкому використанню стандартних пристроїв комунікації МСУ успадковують вразливості цих пристроїв, та таким чином, є об'єктом кіберзагроз відповідних програмних і апаратних засобів, що виходять з ладу. По-друге, власні мережеві протоколи традиційних SCADA-систем модернізуються до відкритих протоколів, що полегшує зловмисникам дізнаватися про операції МСУ. По-третє, дані датчиків керування стають доступними для авторизованих віддалених користувачів через корпоративні мережі та Інтернет. Це робить МСУ об'єктом «інсайдерських» атак. По-четверте, існування організованих кіберзлочинних угруповань підвищує можливості зловмисників щодо здійснення вторгнень в МСУ.

Сучасні SCADA-системи мають ієрархічну структуру з регулюючими контрольно-наглядовими мережами. Атака **A0** позначає атаки на фізичну інфраструктуру або технологічні пристрої (датчики і виконавчі механізми). Оскільки такі атаки вимагають фізичного доступу, зловмисник, який не схильний до ризику, частіше здійснює кібератаки (**A1-A6**). Атаки **A1** і **A2** позначають атаки на систему мережі регулювання, яка взаємодіє з фізичною мережею каналів через технологічні пристрої. Атака **A1** позначає DoS-атаки на мережу зв'язків між ПЛК і технологічними пристроями, або атаку обману на датчик вимірювань або виконавчий пристрій. Атака **A2** позначає аналогічні DoS або атаки обману на мережу зв'язків між ПЛК. Під **A3** ми маємо на увазі кібератаки на мережу керування, яка забезпечує зв'язок між виробничим та наглядовим рівнями управління. Загроза керуючої мережі може вплинути на продуктивність як регулюючого, так і наглядового рівнів керування. Атаки **A4** та **A5** позначають атаки на наглядовий контрольний рівень, який реалізує державні оцінювачі для аналізу даних та спостерігачів для діагностики атаки/несправностей. Як правило, оцінки стану та діагностична інформація використовуються для формування заданих точок та параметрів контролера за допомогою процедури оптимізації або людського досвіду. Можливими атаками тут можуть бути маніпулювання параметрами стану та давачів за схемою діагностики атаки/несправності. Звичайно, атаки **A1-A3** на регуляторну ланку також можуть вплинути на стан наглядової ланки, оскільки останній може бути забезпечений неправильними даними, коли перші знаходяться під атакою та впливом зловмисників. Нарешті, **A6** позначає атаки на загальну мережу, наприклад, при злочинних утручаннях, яким вдається взяти на себе роль оператора каналу і тим самим безпосередньо впливати на технологічний процес підприємства. При втручанні рівня **A6** точка входу зловмисника може бути не тільки на рівні системи АСУ ТП, а й від будь якого відділу підприємства пов'язаного внутрішньою мережею із системою керування технологічним процесом [5].

**Висновок.** Таким чином, створивши систематизацію кіберзагроз, відповідно до наведеної класифікації можна виділити основні напрямки впровадження систем кіберзахисту промислового підприємства, а також планувати заходи безпеки на основі результатів оцінювання ризиків із метою оптимізації витрат на запровадження безпечної АСУ ТП.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A. Cardenas, S. Amin, and S. Sastry, «Research challenges for the security of control systems» in Proc. 3rd Conf. Hot Topics Security, Jul. 2008, pp. 1-6.
2. Y. Liu, M. K. Reiter, and P. Ning, «False data injection attacks against state estimation in electric power grids,» in Proc. 16th ACM Conf. Comput. Commun. Security, 2009, pp. 21-32.
3. Діордіца І. В. Поняття та зміст кіберзагроз на сучасному етапі / І. В. Діордіца [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://goal-int.org/ponyattya-ta-zmist-kiberzagroz-na-suchasnomu-etapi/>
4. N. Falliere, L. Murchu, and E. Chien, W32.Stuxnet Dossier. Mountain View, CA: Symantec, Sep. 2010.
5. X. Litrico, P.-O. Malaterre, J.-P. Baume, P.-Y. Vion and J. Ribot-Bruno, "Automatic tuning of PI controllers for an irrigation canal pool", *J. Irrigat. Drainage Eng.*, vol. 133, no. 1, pp. 27-37, 2007.

## СТРАТЕГІЇ РОБОТИ З ВІРТУАЛЬНОЮ КОМАНДОЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ІСТ

Яковлева О. Ю., к.т.н., доц., e-mail: [osarja@gmail.com](mailto:osarja@gmail.com)

Хмельнюк М. Г., д.т.н., проф., e-mail: [hmelm@ukr.net](mailto:hmelm@ukr.net)

Одеський національний технологічний університет

**Актуальність дослідження.** Якість роботи віртуальної команди [1,2], її ефективність та зручність залежить від способів спілкування за допомогою використання інформаційних та комунікаційних технологій (ІСТ). Нові можливості з'являються завдяки технології комп'ютерно-опосередкованої комунікації (СМС), та груповому програмному забезпеченню. Інновації надають можливості спеціалістам не тільки спільно працювати над проєктами в сфері освіти, енергетики та холоду, а також відстежувати роботу членів команди, та їх вклади. Саме основа роботи команди має критичний фактор – ефективне спілкування. Віртуальна команда дуже чутлива до цього фактору.

Сьогодні проєкти – це крупні та динамічними системи, що мають можливість розвиватися, змінюватися залежно від зовнішніх та внутрішніх факторів, які впливають на роботу системи. Враховуючи такі ускладнення для віртуальних команд, з'являються додаткові проблеми, які пов'язані з наявністю членів команди, що розташовані в різних місцях (також країнах), працюють у різний час, з різними мовними групами, видно, що швидкість зміни рівнів складності росте.

**Мета дослідження.** Визначити стратегії роботи з віртуальною командою з метою пошуку потенціалу удосконалення складової ефективного спілкування.

**Основні матеріали досліджень.** Віртуальні команди представляють собою команди спеціалістів (членів проєктної групи), студентів та викладачів (якщо ми маємо на увазі вищу школу) додаємо електронні посилання, та додаємо групове програмне забезпечення. Таким чином ми маємо повний опис сучасної віртуальної команди, де СМС дозволить спілкуватися в інтерактивному режимі, обрана програмна платформа дозволить віртуальній команді працювати одночасно над проєктом при різних вихідних умовах (час, місто), відстежувати та інтегрувати роботу ефективно.

Виходячи з дослідження Gratton, L, проведеного у 2021 році, 15% спеціалістів проголосували за можливість роботи в офісі, 30% проголосували за роботу дома, та 55% - за можливість гібридної роботи (дома та в офісі).

Віртуальні команди, які працюють з використанням гібридного підходу (наприклад вища школа) мають ряд можливостей та бар'єрів. Така ситуація примушує до пошуку стратегій для створення культури високої продуктивності для віртуальної та гібридної команд.

Відповідь на ряд питань зробить свій вклад до організації роботи команди ефективно:

1. Яку технологію повинно використовувати для підтримки вашої команди?
2. Що повинно зробити, щоб запобігати неправильному розумінню вживання слів?
3. Що потрібно розглянути, як ефективний час обороту звичайної кореспонденції?

Термінової кореспонденції?

4. Як повинно сприймати та відповідати на критику?
5. Як само повинно відслідковувати та моніторити прогрес віртуальної команди?
6. Які цілі повинно поставити для віртуальної команди? Професіональні? Персональні?

(якщо це має рацію)

7. Саме що повинно бути прийнято за важливе для спілкування та нормування?

**Висновок.** За результатами факторів, які встановлені, віртуальні команди СМС працюють ефективно, а кінцеві результати можуть бути корисними для підвищення якості спілкування. Було встановлено, у СМС віртуальних командах присутня більша симпатія та прийняття іншими членами віртуальної команди, спостерігається нівелювання наслідків

соціальної тривоги, зменшується почуття ізоляції та самотності, розширюються соціальної мережі, об'єднання та відчуття себе частиною віртуальної команди.

Дослідження показало, що віртуальні команди багато в чому схожі на звичайні команди, але критично важливо розпізнавати їх відмінності та враховувати ці фактори, якщо команда хоче досягти успіху.

Пропонується використовувати показники культури високої продуктивності віртуальної команди та ефективні віртуальні зустрічі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Duarte, D. L., & Snyder, N. T. (2006, April 21). *Mastering Virtual Teams: Strategies, tools, and techniques that succeed, 3rd edition, revised and expanded*. Wiley.com. Retrieved November 30, 2022, from <https://www.wiley.com/en-us/Mastering+Virtual+Teams%3A+Strategies%2C+Tools%2C+and+Techniques+That+Succeed%2C+3rd+Edition%2C+Revised+and+Expanded-p-9780787982805>

2. Kashive, N., Khanna, V. T., & Powale, L. (2022, July 15). *Virtual team performance: E-leadership roles in the era of covid-19*. Journal of Management Development. Retrieved November 30, 2022, from <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JMD-05-2021-0151/full/html>

## СЕКЦІЯ 7. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.396.67

### ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Васюк В. В., к.т.н., доц., e-mail: [vasyuk@nubip.edu.ua](mailto:vasyuk@nubip.edu.ua)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Актуальність дослідження.** Необхідність застосування для вирішення відповідних завдань комплексу що охоплює програмну та технічну складову, обумовлює потребу впочатку реалізації процесів поступової зміни станів програмного забезпечення. Дані процеси за певними ознаками можна поділити на чіткі стадії, послідовність яких створює життєвий цикл програмного забезпечення. При цьому змістовна суть життєвого циклу програмного забезпечення не зводиться до виконання конкретних процедур і процесів у певний проміжок часу, а спрямована на зміну стану цього програмного забезпечення, і така зміна станів має бути спрямована на досягнення конкретної мети – отримання об'єкта, функціонування якого відповідає певним вимогам і побажанням. При цьому слід пам'ятати, що будь-яке програмне забезпечення слід розглядати як складну систему. Як складну систему необхідно розглядати також і категорію якості будь-якого програмного забезпечення – інженерного об'єкта з заданими властивостями [1-4].

**Метою дослідження** є проведення аналізу життєвого циклу програмного забезпечення інженерних об'єктів. Це призводить до необхідності планувати та підтримувати, починаючи з початкових етапів життєвого циклу розробки програмного забезпечення, належний рівень якості впровадження всіх процесів і процедур, спрямованих не лише на безпосереднє написання програми, а й з точки зору матеріально-технічне, організаційне та соціальне забезпечення зазначеного життєвого циклу, адже, будучи системною категорією інженерних об'єктів (програмного забезпечення в даному контексті), якість програмного забезпечення залежить від компонентів, які ні за яких обставин не можуть бути вбудовані в цей інженерний об'єкт (розроблене програмне забезпечення).

**Основні матеріали досліджень.** Реалізація процесів і процедур, спрямованих на забезпечення, підтримку та адекватне управління рівнями якості програмного забезпечення на різних етапах життєвого циклу останнього, обов'язково спирається на модель зазначеного життєвого циклу як методологічну основу для досягнення мети – зробити кінцевий продукт в умовах експлуатації та середовищі до відповідного рівня споживчої якості. Модель життєвого циклу в контексті програмної інженерії визначається як структура, яка визначає (встановлює) послідовність реалізації та взаємозв'язки всіх процесів і процедур різної природи (технічних, організаційних, фінансових тощо), що виникають під час здійснення будь-яких дій щодо програмного забезпечення, починаючи з появи потреби в такому програмному забезпеченні та закінчуючи його остаточним виведенням з експлуатації. Модель життєвого циклу обов'язково «прив'язана» до змісту, розміру та складності відповідного проекту, а також до конкретних умов і обставин, за яких програмне забезпечення було створено та експлуатується. Ретельно розроблені та адаптовані до чинних умов і обставин моделі життєвого циклу що стають основою для впровадження загального управління якістю в рамках відповідного проекту програмного забезпечення та в цей час розглядаються як методологія для отримання відповідності в результатах проекту (між замовником і виконавцем) вимоги та/або основа для об'єктів сучасних стандартів якості.

На початкових етапах життєвого циклу програмне забезпечення можна характеризувати набором бажаних (для замовника) споживчих атрибутів, тобто набором споживчих атрибутів, запропонованих замовником для програмного забезпечення, незалежно від можливостей програмного забезпечення віртуального підприємства (тобто проектування таких можливостей програмного забезпечення, його подальше тестування, робота тощо). За результатами обговорення всіма зацікавленими сторонами заявлених вимог і побажань замовника програмне забезпечення переходить у наступний стан, який характеризується набором споживчих атрибутів (точніше, узгоджених споживчих атрибутів)



програмного забезпечення. У майбутньому програмне забезпечення переходитиме до стану, який характеризується наявністю відповідних специфікацій, програмних текстів, документів тощо.

**Висновок.** Отже, відповідно до концепції реалізації життєвого циклу, запропонованого на деякому віртуальному підприємстві, програмне забезпечення послідовно переходить від одного стану до іншого, від заявлених клієнтом споживчих атрибутів до готового програмного продукту з реальними споживчими атрибутами, підкріпленими відповідними характеристиками; це програмне забезпечення використовується до тих пір, поки воно морально не застаріє, і врешті-решт перейде в стан, що характеризується оновленням або припиненням використання програмного забезпечення.

Життєвий цикл програмної складової програмно-технологічного комплексу значною мірою збігається з життєвим циклом програмного продукту широкого застосування і є предметом програмно-інженерних досліджень. При цьому, безумовно, всі процеси кожного етапу життєвого циклу програмних компонентів програмно-технічного комплексу (це переважно програмне забезпечення що належить до класу замовленого) повинні бути прив'язані за цілями та термінами виконання до відповідних процесів життєвого циклу апаратно-технічної складової, а також до програмно-технічного комплексу в цілому.

Моделі життєвого циклу для програмних («віртуальних») і об'єктів матеріальної інженерії мають спільні риси, але багато в чому вони суттєво відрізняються через суттєві відмінності в характері змісту зазначених об'єктів. На відміну від об'єктів матеріальної інженерії, програмні («віртуальні») інженерні об'єкти (програмного забезпечення) не мають ознак фізичного зносу, однак під час експлуатації програмного забезпечення помилки зазвичай виникають за тих чи інших умов, які з необхідністю потребують виправлення. Зазначені помилки є не тільки результатом некоректного виконання певних процедур у процесі розробки програмного забезпечення, але можуть бути спричинені зміною умов використання зазначеного програмного забезпечення, тобто «прив'язані» до конкретних умов та обставин застосування відповідного програмно-технічного комплексу.

Невідповідність споживчих властивостей програмно-технічного комплексу умовам застосування, що за об'єктивних причин змінилися з початку експлуатації даного комплексу, переважно ідентифікується як його моральне старіння. При цьому постає питання модернізації (або заміни на нову модель) цього програмно-технологічного комплексу. Якщо ця модернізація також торкнеться програмних компонентів програмно-технологічного комплексу, то наявне програмне забезпечення визнається непридатним для використання та класифікується як «застаріле». У цьому випадку цілком правомірно ідентифікувати факт «старіння» програмного забезпечення, маючи на увазі, звичайно, його моральне старіння.

Пильна увага до життєвого циклу програмного забезпечення, призначеного для «широкого кола користувачів» і використовуваного у складі конкретного програмно-технологічного комплексу, полягає, зокрема, у різних видах і цілях, пов'язаних із сучасними підходами до досягнення високого рівня якості продукції. Зазначена методологія враховує системний характер як категорії якості, так і життєвого циклу програмного забезпечення, в значною мірою затверджує чітку реалізацію, а також контроль не результатів здійснення визначених процесів та процедур в межах вказаного життєвого циклу, а саме процесів, що супроводжують життєвий цикл відповідного продукту.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жильцов А. В., Мірських Г. О. Основи забезпечення якості технічних пристроїв та систем. К: «Політехніка», 2013. 383 с.
2. Бабенко Л. П., Лавріщева К. М. Основи програмної інженерії: Навч. посіб. К.: Т-во «Знання», КОО, 2001. 269 с.
3. Олян В. В., Кравченко О. К. Порівняння моделей життєвих циклів програмного забезпечення з метою виявлення найефективнішого. Системи обробки інформації, 2. 2019. С.63-70.
4. Мірських Г. О., Васюк В. В., Книжка Т. С. Ймовірність в оцінках надійності електроенергетичних комплексів. Енергетика та автоматика. №. 3. 2020. С. 58-77.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ДИСПЕРГАЦІЇ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Гладуш В. Г., магістр, e-mail: [chekanov\\_n@ukr.net](mailto:chekanov_n@ukr.net)  
Чеканов М. А., к.т.н., доц., e-mail: [chekanov\\_n@ukr.net](mailto:chekanov_n@ukr.net)  
Державний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** Розвиток сучасних виробництв неможливий без створення нового устаткування та оптимізації існуючих технологічних процесів. Для забезпечення енергоефективності процесів використовується системний підхід, який містить у собі такі заходи: визначення, вимірювання, аналіз, покращення та управління.

Під час дослідження енергоефективності існуючого устаткування спочатку необхідно провести вимірювання процесних характеристик (температура, тиск, об'єм, витрата та ін.), визначити основного споживача енергії та характер її споживання. За сукупністю цих дій можна визначити ефективність витрати енергії та напрям модернізації для забезпечення оптимізації існуючих технологічних процесів.

**Метою досліджень** є процес ультразвукової диспергації безперервної дії та його автоматизація.

**Основні матеріали досліджень.** Заходи, які вживаються для збільшення енергоефективності поділяють на активні та пасивні. До пасивних належить заміна застарілих пристроїв новими з більшим коефіцієнтом корисної дії, з низьким енергоспоживанням, більшим ресурсом роботи, покращеною тепловою ізоляцією устаткування тощо. До активних заходів належить насамперед забезпечення автоматичного контролю та алгоритму управління процесом. Для цього використовують сучасні комп'ютерні та мікропроцесорні системи керування устаткованими датчиками з оберненим зв'язком та аналого-цифровими та цифро-аналоговими перетворювачами, оскільки сьогодні вони стали одним із найбільш дешевих, швидких та безпечних способів збирання та обробки інформації, з її подальшим використанням. Постійний розвиток мікропроцесорних систем, створення нової елементної бази дозволяє частково або повністю автоматизувати контроль та створити алгоритм управління технологічними процесами та апаратами на виробництві, що дозволить підвищити їх енергоефективність та безпечність.

Для дослідження процесу ультразвукової диспергації безперервної дії була створена експериментальна установка на базі ультразвукового диспергатора УЗДН-2М, яка містить ультразвуковий генератор та магнітострикційний випромінювач. Були проведені розрахунки для визначення енергетичних параметрів випромінювача [1], діаметром  $d = 15 \cdot 10^{-3}$  м, площею  $S = 1,7 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>. Значення корисної акустичної потужності джерела звуку та амплітуди звуку частот визначалися експериментально за методикою МЕК [2]. Коефіцієнти пропускання  $k_D$ , відбиття  $k_T$ , акустичний опір середовища  $R_A$  не залежать від частоти випромінювання, а змінюються лише від швидкості звуку та густини середовища, [3, 4],  $k_D = 0,93$ ,  $k_T = 0,06$ ,  $R_A = 1,61 \cdot 10^6$  кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>.

Дослідним шляхом було встановлено, що під час випромінювання ультразвукової енергії в досліджуваній об'єм робочої камери відбувається підвищення температури, із збільшенням глибини розташування термопар в робочій камері температура зменшується, що свідчить про затухання енергії хвилі, на відстані  $\lambda/2$  енергія хвилі зменшується на половину а на відстані  $\lambda$  повністю затухає. Для ультразвукового випромінювача частотою 22 кГц довжина хвилі  $\lambda = 0,07$  м. Тобто можна зробити висновок, що оптимальний геометричний розмір робочої камери апарата не повинен перевищувати  $2d$  випромінювача тобто 30 мм, та має бути висотою не більшою ніж 50 мм.

За експериментальними даними була виготовлена робоча камера апарата із сталі 08X18N10, нержавіючої сталі, із трьома штуцерами. Два з яких розташовані в верхній частині циліндричної робочої камери для підведення рідини, один в нижній частині для

відведення диспергованої рідини. Робоча камера кріпиться до ультразвукового випромінювача за допомогою різьбового з'єднання. Для підведення рідин в робочу камеру диспергатора на висоті 1,5 метри розташовані резервуари з рідиною, поєднані з робочою камерою силіконовими шлангами із встановленими на них гвинтовими затискачами.

У якості модельної системи для дослідів використовувалася система вода – олія, після диспергування була отримана емульсія. Стійкість емульсії визначали за стандартною методикою за допомогою центрифуги. За результатами експерименту були встановлені основні технологічні параметри, що впливають на ефективність перебігу процесу ультразвукової диспергації, за умов виведення постійної величини ультразвукової енергії за одиницю часу. Ці параметри витрата рідини за першим та другим верхніми штуцерами та акустичний імпеданс модельних рідин, який виміряти достатньо складно, але можна виміряти кількість енергії, яка поглинається емульсією в робочій камері апарату.

Наступним етапом є масштабування отриманих результатів для отримання дослідно-промислової партії диспергованої рідини. Для цього потрібно удосконалити експериментальну установку. Встановити на напорні штуцери два перельстатичних насоси із кроковими двигунами фірми Shenchen серії LabF, з програмним управлінням. Для керування вони мають кольоровий сенсорний дисплей 4,3 дюйма промислового типу. Можна попередньо встановити об'єм і тривалість дозування, тривалість паузи, кількість доз і кут зворотнього всмоктування. Має динамічне відображення робочого стану: на одному екрані відображаються дані дозування, конфігурація системи та здійснюється налаштування параметрів. Має інтерфейси зв'язку RS232 та RS485, підтримує режим віддаленого терміналу (RTU), має dataкабель для передачі даних за стандартом RS232 для прийому керуючих сигналів пуску та зупинки, зміни напрямку та частоти обертання, а також виконання розливу та дозування. Залежно від потреби дистанційного керування можливий моніторинг температури і процесу розливу в реальному часі.

**Висновок.** Розглянуто спосіб автоматизації процесу ультразвукової диспергації. Для досягнення поставленої мети були визначені основні технологічні параметри, що впливають на ефективність перебігу процесу ультразвукової диспергації. Запропоновано використовувати сучасний підхід з використанням сучасного устаткування фірми Shenchen серії LabF, що дають змогу здійснювати контроль процесних параметрів, та керування технологічним процесом для досягнення оптимальних параметрів його стану з плином часу із зворотним зв'язком.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постнов Г. М., Чеканов М. А., Червоний В. М. Удосконалення процесу тендеризації м'яса за допомогою ультразвукових коливань та його апаратне оформлення / Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях" – Вінниця, 2017. – 1 (84) – 101-109 с.
2. Стандарт Міжнародної електротехнічної комісії МЕК, публікація 782. - М.: 1987. - Розд. 12, п. 12.1.
3. Постнов Г. М. Автоматизація вимірювання акустичної потужності ультразвукової установки за допомогою калориметричного методу / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 73-тя наук. конф. молодих вчених, асп. і студ.: матеріали / НУХТ. – К., 2007. – Ч. 2. – С. 17.
4. Постнов Г. М. Вивчення проникнення ультразвукових коливань у м'ясо великої рогатої худоби з високим вмістом з'єднувальної тканини / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць / ДонДУЕТ. – Донецьк, 2006. – Вип. 14. – С. 87–91.

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Демченко К. В. к.т.н., доц., e-mail: [yayaska@btu.kharkiv.ua](mailto:yayaska@btu.kharkiv.ua)

Державний біотехнологічний університет

Радченко С. С. асис., e-mail: [stanislav.radchenko@nure.ua](mailto:stanislav.radchenko@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки

**Актуальність дослідження.** Підвищення продуктивності обчислювальних засобів дуже важливий фактор, котрий передбачає насамперед досягнення високої швидкості виконання операцій. Така мета відповідає як потребу користувачів, котрі зацікавлені в найбільш швидкому отриманні результатів обчислення, так і тій обставині, що швидкодія визначається загальною кількістю обчислювальних робіт, котру зможе виконати система за даний інтервал часу. У ряді прикладних областей підвищення швидкості обчислювань грає дуже велику роль, так як час рішення задач на стандартних електронно обчислювальних засобах зазвичай дуже великий з точки зору практичного використання результатів. Розуміється, вартість факторів і в цьому випадку має суттєве значення, однак більш важливим є забезпечення самої можливості отримання результатів за прийнятний час при мінімальній вартості обчислень.

**Мета досліджень.** Розглянути методи підвищення продуктивності обчислювальних засобів.

**Основні матеріали дослідження.** Перший метод ці передові технології конструювання і виготовлення швидкодіючих елементів і плат з високою платністю монтажу. В цій сфері лежить найбільш прямий шлях к збільшенню швидкості, оскільки всі затримки у машині скоротити у  $k$  раз, то це приведе до збільшенню швидкодії у таке ж число раз. У останні часи були досягнуті великі успіхи у створенні швидкодіючої елементної бази і адекватних методів монтажу і очкується подальший прогрес, заснований на використанні нових технологій та зниження розмірів пристроїв. Але цій шлях має ряд обмежень.

Наступний метод припускає зменшення числа логічних рівнянь при реалізації комбінаційних схем. Добре відомо, що будь-яка функція може бути реалізована за допомогою схеми з двома логічними рівняннями. Однак у складних системах це приводить к появи дуже великих пристроїв. Отже на даному етапі конструкторська задача складається у створенні схем з малим числом логічних рівнянь, котрі би задовольняли обмеження по кількості вентилів і володіючи меншими затримками і запропоновані методи їх використання. В силу присутніх обмежень тільки один шлях, як правило, не може дати необхідного збільшення продуктивності.

Наступний метод охоплює способи реалізації основних операцій, таких як складання, множення, ділення. Для того щоб збільшити швидкість виконання цих операцій, необхідно використовувати алгоритми, котрі приводили би к швидкодіючим комбінаційним схемам і вимагали невелику кількість циклів. У результаті успішних досліджень і розробок у галузі арифметичних пристроїв створений ряд алгоритмів, котрі можуть бути використані в умовах тих чи інших обмежень. С точки зору використання високопродуктивних обчислювальних машин для наукових обчислень особливий інтерес представляє реалізація принципу випереджуючого перегляду при операціях складання, складання з збереженим переносом і записи при матричному множенні. Сюди ж відносяться проблеми використання надлишковості при діленні і реалізації ділення у вигляді ланцюга операції множення.

Наступний метод підвищення швидкодії обчислювальних засобів можливо за рахунок реалізації апаратними або програмно-апаратними засобами вбудованих складних команд які будуть відповідати тим чи іншим функціям, котрі зустрічаються в багатьох практичних обчислень. К таким функціям відносяться, наприклад, корінь у квадраті, складання векторів, множення матриць та швидке перетворення Фур'є. Вказані засоби дозволяють скоротити число команд у програмах та створити передумови для більш ефективного використання машинних ресурсів (наприклад, конвеєриздованих арифметичних пристроїв). При рішенні

деяких задач отриманий виграш може бути значно суттєвим. Але не завжди вдається так просто виділити такі складні команди, котрі би достатньо часто використовувались у широкому класі прикладних програм. Цей факт стає основою для розвитку підходу, при котрому із великої кількості команд виділяють невелику множену простих і часто використовуваних команд, котрі підлягають оптимізації. В теперішній час вже розроблений ряд експериментальних та промислових зразків процесорів, котрі використовують принцип оптимізації скороченого набору команд. Вплив цього підходу на прогрес в області високошвидкісних обчислень потребує в оцінці. Ще один резерв, котрий використовуємо для підвищення ефективності роботи процесора, - це скорочення часових затрат процесора при зверненні до пам'яті. Звичайні підходи тут складаються, по перше, у розширенні шляхів доступу за рахунок розбиття пам'яті на модулі, звернення к котрим може здійснюватись одночасно, по друге, в використанні допоміжної надшвидкодуючої пам'яті (кеш пам'яті) та збільшення числа зовнішніх регістрів у процесорі. Використання усіх перерахованих способів тісно пов'язано с організацією системи. Тривалість виконання однієї команди може бути зменшена за рахунок тимчасового перекриття її різних фаз. Наприклад, обчислення адреси, по якій необхідно записати результат, може бути виконано одночасно з самою операцією. Цей підхід потребує, звісно, допоміжного обладнання, оскільки модулі пам'яті не можуть бути одночасно задіяні в фазах, що поєднуються. Збільшення швидкодії, котрі можливо досягти залежить від формату команди, оскільки саме їм буде визначатися наявність незалежності фаз.

Наступний метод підвищення швидкодії зв'язаний зі структурою алгоритму, по якому працює система. На цьому рівні основний підхід к підвищенню швидкодії буде складатися у тому що виконання одночасно деяких команд. Цей підхід відрізняється від того котрий реалізований в звичайній фон-неймовській машині, коли команди виконуються одна за одною. Паралельний підхід приводить до різних варіантів архітектури в залежності від способу, по якому здійснюється завдання по черговості слідування команд та управління їх виконання. Розпаралелювання дозволяє значно збільшити продуктивність систем під час вирішення широкого класу прикладних задач.

**Висновок.** Всі ці перелічені методи стосуються апаратури, логічної організації і архітектури систем. Зусилля, котрі затрачені у цих областях, мають свої цілі забезпечення необхідності прискорення обчислень на програмно-алгоритмічному рівні. На цьому рівні повинні використовуватися або спеціальні мови програмування, котрі представляють засоби для явного опису паралелізму, або методи виявлення паралелізму у послідовних програмах. Крім того, алгоритм повинен володіти внутрішнім паралелізмом відповідний особливостями даної архітектури. Використання неадекватних алгоритмів та мов здатне практичне звести нанівець можливості для реалізації високошвидкісних обчислень закладених в архітектурі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інютин С. А. Паралельні обчислювання у великих діапазонах / С. А. Інютин // І Междунар. конф. "Паралельні обчислення та задачі керування" (РАСО-2001), 29 – 31 січня 2001 г. – М.: Інститут проблем керування ім. В. А. Трапезникова РАН, 2001. – С. 76–87.
2. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання / А. О. Мельник. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
3. Воеводин В. В. Паралельні обчислення / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
4. Яськова К. В. Принципи реалізації модулярних операцій в модулярній арифметиці / KhereAliAbdullah, К. В. Яськова // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. - Харків : ХНТУСГ, 2007. - Вип. 57, т. 2. - С. 100-104.
5. Яськова К. В. Технічна реалізація операцій модульного складання і віднімання в модулярній арифметиці / К. В. Яськова, ХеріАлі Абдуллах, М. С. Деренько, В. А. Краснобаєв // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків : ХНТУСГ, 2007. - Вип. 73, т. 2. - С. 49-51.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ  
ЕЛЕКТРИЧНИМИ РЕЛЕ

Колодійчук Л. С., к.пед.н., доцент, e-mail: [kollub@ukr.net](mailto:kollub@ukr.net)  
ВП НУБіПУ України «Бережанський агротехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Цифровізація являє собою впровадження цифрових технологій у всі сфери життя: від предметів побуту до промислових виробництв, тобто, перехід діяльності з реального світу у світ віртуальний [2]. Нині цифрові технології, що представляють своєрідну інтеграційну платформу для взаємодії, поєднують потужний ринок та індустрію.

На застосування цифрових технологій звертають увагу провідні країни світу. Зокрема, цифровізацію економіки визначили пріоритетом: Німеччина – «Індустрія 4.0», Китай – «Інтернет плюс», Польща – «Від паперової Польщі до цифрової» [1, с.26]. Тематика цифрової модернізації економіки була досліджена багатьма вітчизняними вченими: Б.Ю. Жураковський; Н.Н. Краус; Подальчук; М.В. Маренко та ін. В нашій країні за основу взято стратегію «Індустрія 4.0», яка супроводжується прискореним впровадженням технологій, таких як промисловий Інтернет речей і використовується для автоматизованого цифрового виробництва, що керується інтелектуальними системами в онлайн-режимі.

**Основні матеріали дослідження.** Для дослідження обрано цифрову платформу HomeAssistant (працює на Python 3), яка дозволяє створювати автоматизації реагування на різні події. А також, що актуально на сьогоднішній день – вона об'єднує і керує пристроями від різних заводів-виготовлювачів [3]. Адже велика кількість фірм пропонує власні компоненти для IoT рішень: ELKOEP, Xiaomi, Tuuya, Sonoff, Cisko, Witrum, Jung, Zamel та інші.

Відкрита платформа HomeAssistant потребує власного сервера, тобто робота з обладнанням відбувається напряму, без використання китайських серверів. Ми розгорнули його на звичайному персональному комп'ютері через спеціальну програму VirtualBox.

В даній роботі зупинимось на створенні автоматизацій керування електромеханічними реле за допомогою Home Assistant.

Автоматизації дозволяють автоматично реагувати на сутності, що відбуваються. Сутностями, на які реагують Автоматизації в HomeAssistant, є такі: події; стани; інформація.

Автоматизації створюються в режимах: користувача або YAML. Для їх створення потрібно: обрати тригер (trigger), що запускає автоматизацію, умову (condition) і дію (action). Вони знаходяться у пункті Конфігурація / Автоматизації та сцени. У нашому випадку типом дії може бути включення електричного реле, яке в свою чергу ввімкне електронагрівник чи виключить вентиляцію у приміщенні.

Типом дії може бути також і виклик служби. У роботі використано службу – Notify.Events, яка знаходиться за адресою «<https://notify.events/en>» і відправляє push-повідомлення на мобільний телефон про керування реле, зокрема – зміна стану. Для цього потрібно створити канал, додати туди Home Assistant в якості джерела повідомлень і найбільш зручний месенджер в якості отримувача.

З метою моделювання роботи Інтернету речей на фізичному рівні (реле) було застосоване рішення на базі спеціалізованого мікроконтролера типу ESP8266, розрядністю 32 біт із вбудованими засобами для функціонування в мережах (стандарт IEEE 802.11).

Для керування реле (чи датчиком) потрібно: приєднати плату (порт microUSB) до комп'ютера через порт USB; прошити плату NodeMCU базовою прошивкою (файл – \_factory) з програми ESPHome для зв'язку плати з наявною Wi-Fi-мережею; прошити на плату спеціальну прошивку для Реле з офіційного сайту ESPHome.io. Варто зазначити, що після того як завантажили базову прошивку, контролер буде доступний дистанційно – без USB кабеля. Спеціальну прошивку з кодом Реле можна дистанційно компілювати на плату через

Wi-Fi (опція Wirelessly в HomeAssistant). Практика показує, що керувати реле більш зручно не з додатку ESPHome, а з панелі Lovelace Home Assistant. З цією метою в Home Assistant через «Огляд» можна створити картку для реле в графічному або текстовому редакторі. Вибрати кнопку, датчик чи інформер, користувач може за власним бажанням.

Приклад розробленої панелі Lovelace для керування електричними реле зображено на рисунку 1. Окрім цього, користувачу меню відкривається доступ до журналу подій спрацювання реле, історії подій, геолокації пристрою, інструментів розробника та редактора конфігурацій.

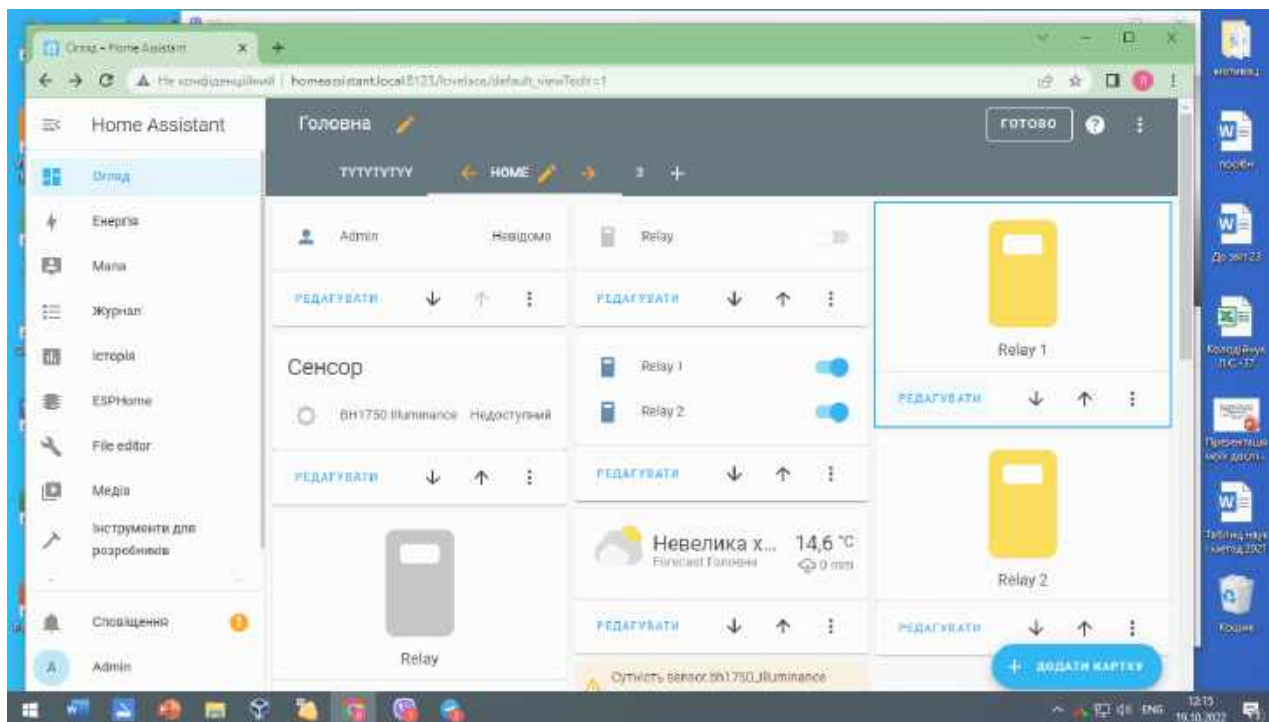


Рис. 1 – Загальний вигляд розробленої панелі у Home Assistant

**Висновок.** Отже як практично продемонстровано, використання цифрових технологій на базі потужної відкритої платформи Home Assistant, відповідного додатку ESPHome та спеціалізованих мікроконтролерів із підтримкою Wi-Fi мереж і протоколів передачі даних, забезпечує створення Інтернет-пристроїв для управління електричними реле. При цьому автоматизації скеровані на виконання дій, які будуть застосовані в момент виникнення певних подій.

З'ясовано переваги, які в майбутньому уможливають застосування HomeAssistant. Зокрема: доступність сервісу; позбулися необхідності звернення в хмарний сервер, адже сервером є звичайний персональний комп'ютер з потрібними характеристиками; підтримка різних виробників та величезна кількість інтеграцій; можливість здійснити відправку сповіщень у месенджер. Варто зазначити, що HomeAssistant – це локальний сервер, тому якщо потрібно керувати з будь-якого місця, застосовують VPN сервіси.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гірченко Т. Д., Чмерук Г. Г., Семенюк І. М. Шляхи модернізації цифрової економіки. Інфраструктура ринку. Вип. 41. 2020 – С. 25-30.
2. Україна 2030E – країна з розвинутою цифровою економікою. URL:<https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html> (дата звернення: 10.11.2022).
3. Свердлюк Б. Як створювати автоматизації в Home Assistant. 2021. 22 с. URL:<https://dou.ua/forums/topic/40237/> (дата звернення: 4.11.2022).

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Лелюх О. М., магістр, e-mail: [o.leliukh@student.sumdu.edu.ua](mailto:o.leliukh@student.sumdu.edu.ua)Леонтьєв П. В. к.т.н., проф., e-mail: [p.leontiev@ksu.sumdu.edu.ua](mailto:p.leontiev@ksu.sumdu.edu.ua)

Сумський державний університет

**Актуальність дослідження.** Із стрімким розвитком сучасних технологій набувають більшої актуальності автономні безпілотні дрони. Мобільні роботи широко використовуються в промисловій сфері, в екстрених службах та військовій справі. В роботі описується процес стабілізації озброєння на мобільному роботі, що потребує покращення швидкодії системи.

Предметом дослідження є – система керування стабілізацією.

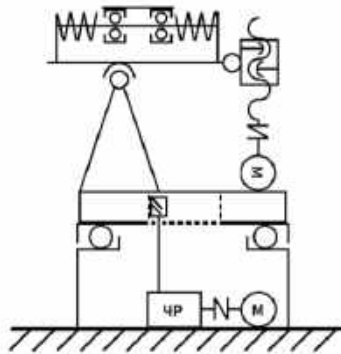


Рис. 1 – Кінематична схема

На (рис.1) представлена кінематична схема системстабілізації, де можнабачитивиконуючіпристрої, а самекроковідвигуни (М), черв'ячніредуктори (ЧР), та механічніпередачі.

**Мета досліджень.** Дослідження ставить за мету досягти збільшення швидкодії системи стабілізації мобільного робота за рахунок встановлення датчиків нерівності поверхні у порівнянні уже з існуючими системами.

**Основні матеріали дослідження.** Аналіз подібних систем керування показав, що основним принципом стабілізації положення у просторі об'єкту є створення керуючого впливу на виконуючі пристрої за рахунок інерційних давачів та гіроскопів. В дослідженні [1] швидкодія системи слідкування за об'єктом в прямій видимості досягалась за рахунок облегшення інерційності системи введенням системи дзеркал на рухомих карданах. В дослідженні [2], [3], [4], [5] були проведені маніпуляції із захистом датчиків орієнтації системи від впливу зовнішніх факторів для підвищення точності системи стабілізації. Тому, можна сказати що в двох розглянутих дослідженнях вплив на систему стабілізації можливий лише після зміни положення об'єкту у просторі. Час реакції системи складається із інертності самої системи, швидкодії системи опитування давачів та часу перехідного процесу регулятора. Отже, результуючий час реакції системи на відхилення від заданого положення – це сукупність відрізків часу, що витрачається на створення впливу та отримання інформації системою керування. Було запропоновано розробити систему керування, яка за допомогою врахування додаткових вхідних параметрів дозволить підвищити швидкодію системи керування.

Для досягнення поставленого завдання пропонується розробити наступну схему керування (рис.2). До класичної системи стабілізації, яка складається із акселерометра, гіроскопа для отримання інформації про орієнтацію у просторі об'єкта, було додано лазерний вимірювач відстані для отримання інформації про рельєф поверхні по якій рухається мобільний робот.



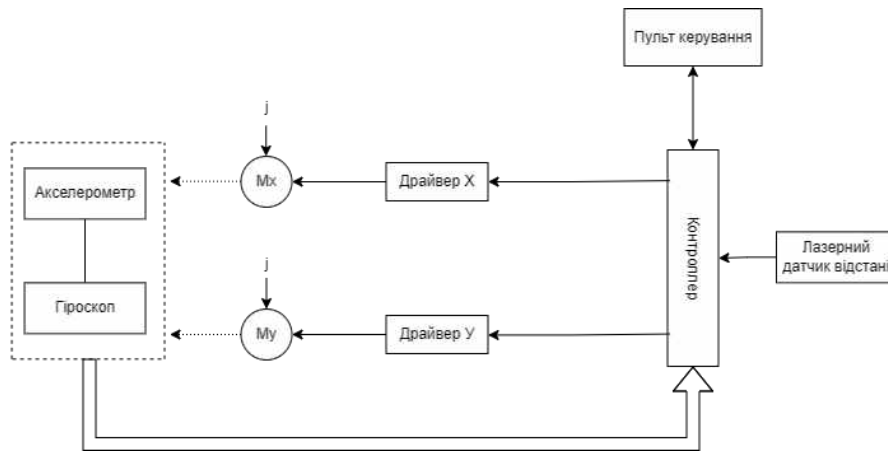


Рис. 2 – Структурна схема системи керування

За рахунок додаткового датчика можливе описання залежності величини перешкоди та вплив цього фактору на положення системи. Введення додаткового коефіцієнту для регулятора дає змогу передбачити зовнішній вплив на систему стабілізації та зменшити час реагування на збурення.

Дослідження проводилися в пакеті прикладних програм числового аналізу та моделюванні систем – Matlab.

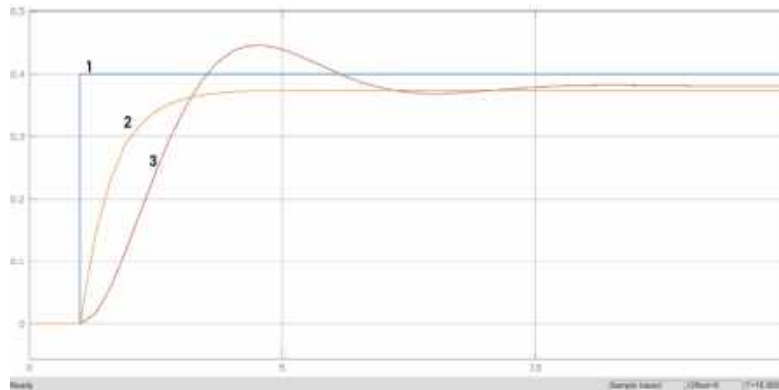


Рис. 3 – Результати дослідження

За результатами моделювання (рис.3) системи отримали три типові графіки процесу стабілізації системи. На графіку лінією (1) зображено рівень відхилення системи від заданого положення. Лінія (2) реакція системи з введеним новим коефіцієнтом прогнозування відхилення системи за рахунок лазерного датчика. Лінією (3) зображена реакція за класичним принципом зворотного зв'язку.

**Висновок.** Виходячи з результатів спостерігаємо покращення швидкодії системи, більш пологого графіку із зменшенням відсотку перерегулювання системи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hilkert J.M. Inertially Stabilized Platform Technology Concepts and Principles - IEEE control systems magazine: 2008. – p. 26 - 46.
2. Maher M. A. Stabilization loop of a two axes gimbal system using self-tuning PID type fuzzy controller / R. V. Ahmad, R. T. Ali, R. A. Mohammad - *ISA Transactions*, 2014. –p. 189-678
3. Єршов, Р. Д. Цифрові компаратори частоти та фази в складі системи стабілізації положення рухомої платформи – Чернігів: ЧНТУ, 2020. - с. 241-252.
4. Войтенко В., Єршов Р. Д. Моделі елементів системи електроприводів квадрокоптерів та автономних роботів – *Технічні науки та технології*, 2019. – с.175-187.
5. Цірук В. Г. Компенсація похибок та коригування положення гармати відносно цілі при сумісному швидкому русі башти та машини – *Вісник ЖДТУ*: 2018. – с. 169–172.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ УСТАЛЕНОГО ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИСТРОЮ «РЕЛСІС РЗЛ-05»

Панов А. О., асис., e-mail: [panovanton1994@gmail.com](mailto:panovanton1994@gmail.com)

Держаний біотехнологічний університет

**Актуальність дослідження.** На даний час питання якості електроенергії є самим актуальним і в той час важко реалізованим. Тобто, для регулювання якості електричної енергії, ми маємо мати данні більше п'яти головних показників якості електроенергії. Тому є актуальним створити систему автоматизованого регулювання або контролювання показників якості електроенергії за рахунок жорсткого контролю деяких показників якості.

**Метою досліджень.** Метою дослідження є підвищення якості електроенергії та ефективності постачання або споживання електричної енергії в розподільних мережах шляхом удосконалення регулювання якості конкретних показників електричної енергії.

**Основні матеріали досліджень.** Для дослідження регулювання показників якості електричної енергії було обрано один конкретних показник, а саме усталене відхилення напруги[1]. Було обрано пристрій РЗЛ-05.РПН фірми Релсіс, який призначений для виконання функції управління електроприводом РПН 2-х або 3-х обмотувального силового трансформатора під навантаженням при автоматичному, дистанційному і місцевому регулювання напруги трансформатора шляхом зміни коефіцієнтів трансформації, контролю рівня напруги і підтримки його в заданих уставками межах шляхом формування команду правління виконавчим пристроєм (приводом РПН) і контролю його роботи; реалізації логіки необхідних блокувань і функцій захисту. Пристрій РЗЛ-05.РПН забезпечує індикацію поточного положення РПН (номери ступеня). Уставка «Уставки» → «РПН» → «Ступінь РПН» задає поточний ступінь положення приводу від 1 до 100. Уставка необхідна для синхронізації положення внутрішнього програмного лічильника поточної щаблі з реальним становищем приводу. Поточний рівень РПН також можна задати за допомогою кнопок «Додати» та «Зменшити» на ПП. Для цього необхідно параметр «Управління з ПП» встановити у положення «Початкова позиція» та за допомогою кнопок додавати або зменшувати значення поточного ступеня, контролюючи пункт меню "Поточна ступ РПН". Даний режим керує лише лічильником поточного ступеня [2]. По закінченню налаштування параметра "Керування з ПП" повернути в попередню позицію. Уставка «Уставки» → «РПН» → «Початковий ступінь РПН -1» задає початкову дозволу ступінь регулювання від 0 до 99. Якщо поточний ступінь РПН буде меншим, ніж «Початковий ступінь РПН -1», то видаватиметься сигналізація на реле К12 «Лічильник менше», на реле К7 «Сигналізація» та на СДІ12 «Збій лічильника». Функція потрібна для видачі сигналізації при досягненні поточного рівня РПН деякого значення при зменшенні. Значення повернення для початкового ступеня задається уставкою «Початковий ступінь РПН», воно має бути більше значення уставки «Початковий ступінь РПН-1» на одиницю. Уставка «Уставки» → «РПН» → «Кінцевий ступінь РПН +1» задає кінцеву дозволу ступінь регулювання від 1 до 100. Якщо поточний ступінь РПН буде більшим, ніж «Кінцевий ступінь РПН +1», то видаватиметься сигналізація на реле К11 «Лічильник більше», на реле К7 «Сигналізація» та на СДІ12 «Збій лічильника». Функція потрібна для видачі сигналізації при досягненні поточного рівня РПН деякого значення при додаванні. Значення повернення для кінцевого ступеня задається уставкою «Кінцевий ступінь РПН», воно має бути менше значення уставки «Кінцева щабель РПН +1» на одиницю. Уставки щаблів РПН задаються за допомогою програми «Монітор-2», АСУ, а також за допомогою команд на передній панелі. При регулюванні напруги (автоматичному, ручному) поточний ступінь РПН розраховується пристроєм на основі введеної уставки поточного положення, що відповідає реальному положенню приводу та відпрацьованих команд перемикавання. Поточне становище РПН передається до АСУ через інтерфейс RS-485. На рисунку 1 приведено структура випробування системи «Релсіс РЗЛ-

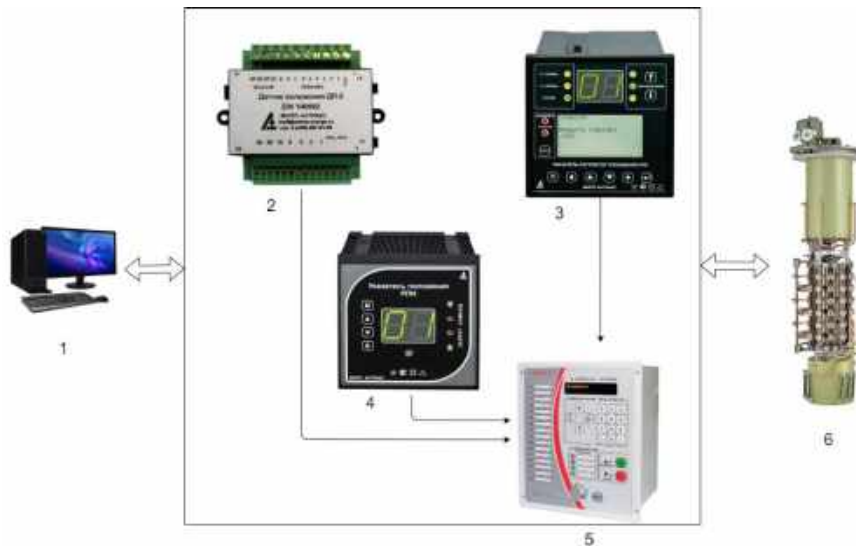


Рисунок 1 – Структура випробувальної системи «Релсіс РЗЛ-05.РПН»: 1 – ПК; 2 – датчик положення привода ДП 5; 3 – показчик регулятор положення РПН; 4 – показчик положення РПН; 5 – пристрій мікропроцесорний для автоматичного управління РПН трансформатора «Релсіс РЗЛ-05»; 6 – РПН трансформатор

На електронно-обчислювальній машині задаються необхідні режими роботи, після чого розраховуються і виробляються цифрові вибори струмів і напруги. Ці вибори передаються в "Релсіс РЗЛ-05.РПН" [3]. Цифро-аналогові перетворювачі масштабують надходять цифрові вибірки і формують аналогові сигнали напруги. Одним з модулів програмного забезпечення "РЗЛ-05.РПН" є кореляція рівня регульованої напруги по струму навантаження. У цьому випадку програма дає можливість запрограмувати сигнал програми каналу за формулою. У пристрої "РЗЛ-05.РПН" реалізована струмовий компенсація з можливістю вибору 3-х формул, ("Уставка" → "Регулювання каналу n" → "Формула n"). Якщо при аналізі струмів і напруги граничні умови не порушені, тоді повертається вираз:

$$U_{np} \uparrow < U_{тек} < U_{np} \downarrow,$$

де

$$U_{np} \uparrow = U_{вгзн} + U_{к1},$$

$$U_{np} \downarrow = U_{нгзн} + U_{к1},$$

де  $U_{np}$  - розрахункові значення напруги підтримки;  $U_{тек}$  - поточне значення напруги в регульованій секції;  $U_{к1}$  - розрахункове значення напруги компенсації;  $U_{нгзн}$  - установка нижньої межі при регулюванні напруги вгору (дати);  $U_{вгзн}$  - установка нижньої межі при регулюванні напруги вниз (зменшити).

**Висновок.** Тому, представлена система дозволяє з легкістю отримувати дані для обробки, після обробки, за допомогою цих даних автоматизовано вибирати потрібний метод регулювання та керування усталеним відхиленням напруги. Ця система також підходить для регулювання інших показників якості електричної енергії в розподільних мережах 0,4 – 10 кВ. Тобто, можна розглянути такий показник якості електроенергії, як коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною і нульовою послідовностями в електричних мережах. Де буде застосовуватися перемикання комутації для коефіцієнтів несиметрії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Панов А. О. Розробка алгоритму регулювання усталеного відхилення напруги в розподільних мережах 0,4-10 кВ / Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. – Харків:ХНАДУ, 2021 – С. 170-174.

2. Прилад мікропроцесорний для автоматичного керування РПН трансформатора РЗЛ-05.РПН. [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. Електронні дані. - Інструкція з експлуатації. РЕЛСІС, 2020. Режим доступу: [www.relsis.ua](http://www.relsis.ua) (дата звернення 18.11.2022) Назва з екрана..

3. Прилад релейного захисту і автоматики мікропроцесорні РЗЛ-05, РЗЛ-06 (Монітор-2). [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. Електронні дані. - Інструкція користувача. РЕЛСІС, 2017. Режим доступу: [www.relsis.ua](http://www.relsis.ua)(дата звернення 18.11.2022) Назва з екрана.

СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ВИСІВАЮЧОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР  
З МОЖЛИВІСТЮ ІНОКУЛЯЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ARDUINONANOШелест М. С., аспірант, e-mail: [koladj1992@gmail.com](mailto:koladj1992@gmail.com)

Сумський національний аграрний університет

**Актуальність дослідження.** Робототехніка має безліч переваг, що дозволяють втілювати вченим свої ідеї в якості моделі для перевірки своїх гіпотез. За допомогою використання сенсорів та мікропроцесорів, що здатні зчитувати інформацію із них можна створити безліч пристроїв. Так, наприклад, Kondaveeti H. K. et al., 2021 обговорили можливості використання мікроконтролера Arduino [1]. У книзі Cameron, N., 2018 детально описано всі можливості Arduino та її комплектуючих [2]. A. Bhadani P. et al., 2019 дослідили датчики вологи ґрунту і температури та вологості повітря для мікроконтролерів Arduino, саме ці датчики доволі часто використовуються саме в аграрній сфері [3].

Проекти зі створення посівного комплексу, що здатен вносити рідке добриво, або інокулянт, в рядку вже були створені деякими вченими [4, 5]. Але більшість із них вносять такі добриво у борозну. Тоді як **метою** проекту, що створений у Сумському НАУ, було розробити систему для обробки насіння інокулянтом за технологією rop-up.

**Основні матеріали дослідження.** Для реалізації проекту зі створення моделі висіваючого апарату, що здатен забезпечувати інокуляцію насіння під час сівби, було розроблено дослідний зразок висіваючого апарату з використанням програмного продукту SOLIDWORK та виготовлено за допомогою 3D-принтера FlyingBear Ghost 5 (Рис. 1).

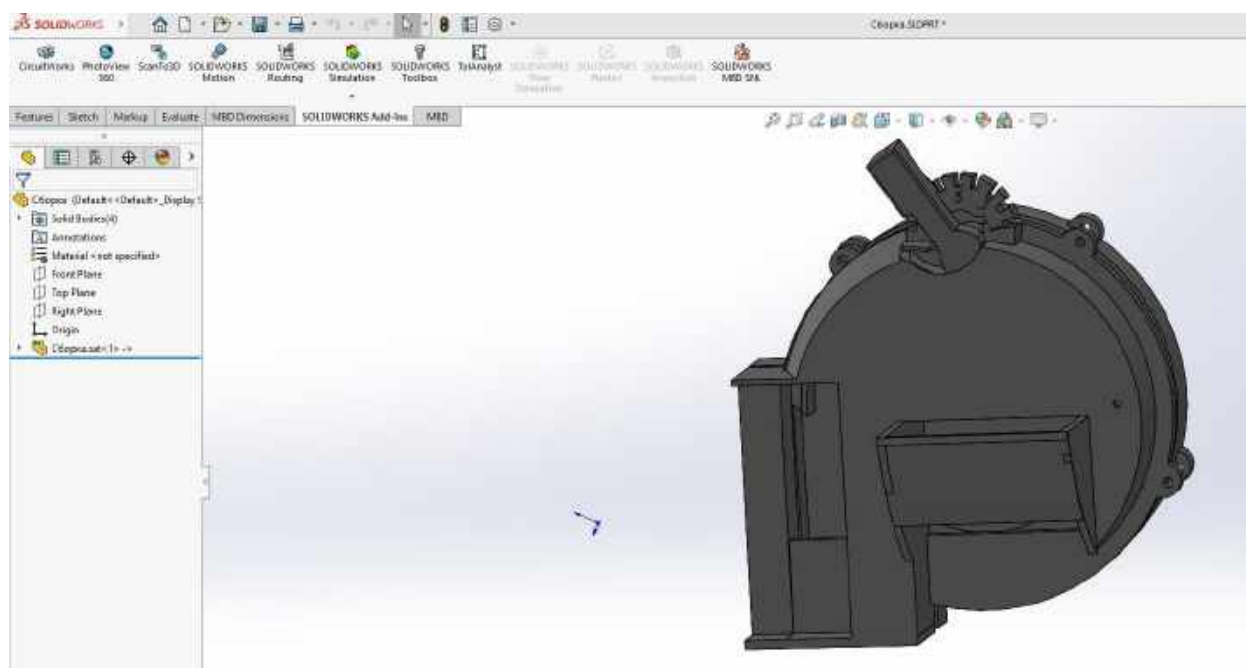


Рис. 1 - Видгляд висіваючого апарату у програмі SOLIDWORK

Для функціонування розробленого зразка в структуру виготовленого корпус висівного апарату було змонтовано необхідні датчики та компоненти системи, яке власне забезпечують інокуляцію (Рис. 2). Відповідно, манометр відповідає за створений тиск в системі інокуляційної рідини. Світлодіод відповідає за визначення насінини, передає цю інформацію на Arduino, яка в свою чергу передає інформацію на соленоїд, який відкриває електрофорсунку для обробки насінини робочою рідиною. Вакуумний насос служить для

створення вакууму у висіваючому апараті. Швидкість обертання висіваючого диску регулюється за допомогою органів керування (енкодер) для симуляції сівби.

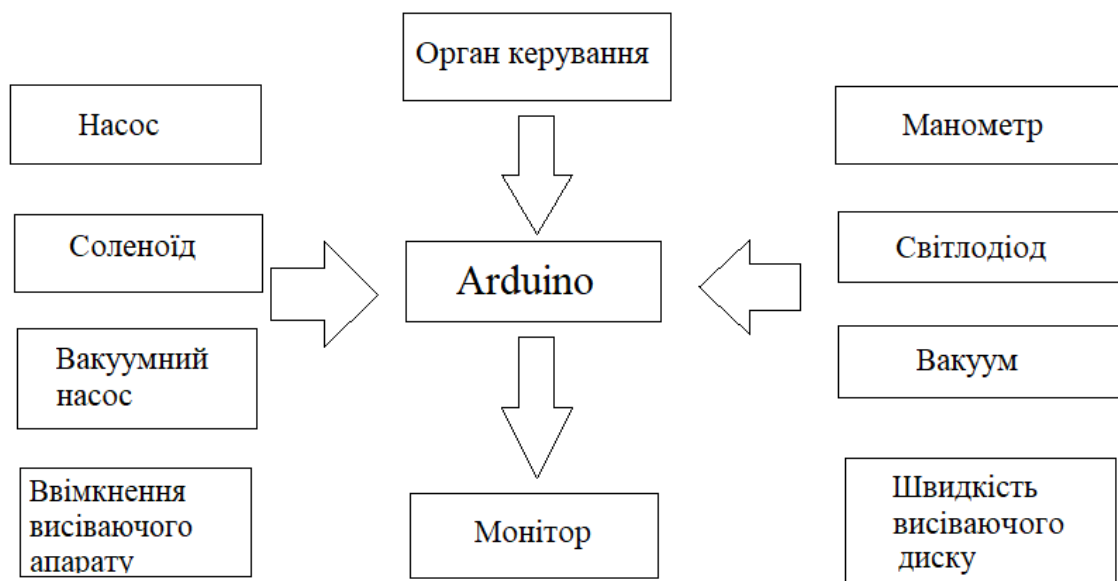


Рис. 2 - Схема підключення електронних компонентів системи

**Висновок.** Таким чином було створено діючу модель системи висіваючого апарату, який здатен проводити інокуляцію під час сівби.

Цей стенд дає можливість проводити дослідження та корегувати помилки, що були знайдені на зразку, який буде проходити польові дослідження. Не останню роль у цьому відіграла саме робототехніка, зокрема Arduino, аної необхідні для цього датчики.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kondaveeti H. K. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations / H. K. Kondaveeti, N. K. Kumaravelu, S. D. Vanambathina, S. E. Mathe, S. Vappangi. - Computer Science Review, 40, 2021 – 100364. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
2. Cameron, N. Arduino Applied: Comprehensive Projects for Everyday Electronics / N. Cameron. Apress, 2018 – 552. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3960-5>
3. Bhadani P. Soil Moisture, Temperature and Humidity Measurement Using Arduino / P. Bhadani, V. Vashisht. - 2019 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), 2019 - 567-571. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2019.8776973>
4. Engel R. E. A small-plot seeder and fertilizer applicator / R. E. Engel, T. Fischer, J. Miller, G. Jackson. - Agronomy Journal, 95(5), 2003 – 1337. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1337>
5. Manea, D. Mechanized Application of the Microbial Inoculants at Vegetable Plants Sowing / D. Manea, E. Marin, C. Sorică, A. Nedelcu. Bulletin UASMV Agriculture, 66 (1), 2009, - 381-389.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

1. <i>Бабенко К. В., Герасименко В. А.</i> <b>Впровадження сучасних систем акумулювання енергії для електроживлення електромобілів.....</b>	3
2. <i>Кауркін Є. О., Гриб О. Г., Карпалюк І. Т.</i> <b>Використання безпілотних літальних апаратів для діагностики енергетичних мереж міста.....</b>	5
3. <i>Коломієць В. О., Qawaqzeh M. Z., Мірошник О. О., Попадченко С.А.</i> <b>Аналіз методів якості електроенергії за допомогою вейвлет-аналізу.....</b>	7
4. <i>Косарева І. В., Щербак І. Є.</i> <b>Аналіз і практика контролю напруги в розподільних мережах.....</b>	9
5. <i>Лука О. В., Гриб О. Г., Карпалюк І. Т., Лисиченко Р. М.</i> <b>Дослідження впливу зв'язаного енергоспоживання міських енергомереж на якість електричної енергії.....</b>	11
6. <i>Окушко О. В., Радько І. П., Наливайко В. А.</i> <b>Сучасні тенденції розвитку енергозбереження у енергетичній галузі України....</b>	13
7. <i>Олійник Ю. О., Чміль А. І.</i> <b>Дослідження впливу електроімпульсної обробки на ефективність очистки стічних вод.....</b>	15
8. <i>Пазій В. Г., Qawaqzeh M. Z., Мірошник О. О., Середа А. І.</i> <b>Визначення пошкодженої лінії в розподільній мережі методом введення сигналу.....</b>	17
9. <i>Панов А. О.</i> <b>Дослідження регулювання усталеного відхилення напруги за допомогою пристрою «РЕЛСІСРЗЛ-05».....</b>	19
10. <i>Сивенко М. М., Мірошник О. О., Пазій В. Г., Дудніков С. М.</i> <b>Розподілена система моніторингу та компенсації гармонічних складових в електричних мережах.....</b>	21
11. <i>Трунова І. М., Чигринець К. Д., Іванченко О. В.</i> <b>Дослідження математичної моделі теплового балансу тваринницького приміщення під час енергетичного аудиту.....</b>	23
12. <i>Ягуп В. Г., Ягуп К. В., Церковний Д. О.</i> <b>Проблеми компенсації реактивної потужності в системах електропостачання обмеженої потужності.....</b>	25

## СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

1. <i>Бережнюк М. М., Головка В. М.</i> <b>Сонячна термодинамічна електроустановка на основі двигуна Стірлінга.....</b>	27
2. <i>Братчикова О. В., Братчикова О. С., Грицай В. А.</i> <b>Гравітаційні акумулятори як накопичувачі енергії.....</b>	29
3. <i>Гайдукевич С. В., Семенова Н. П.</i> <b>Шляхи підвищення енергоефективності тваринницьких приміщень.....</b>	30
4. <i>Гайдукевич С. В., Семенова Н. П.</i> <b>Підвищення енергоефективності міста бережан.....</b>	32
5. <i>Мірошник О. О., Миргород Д. Г., Назаренко О. Ю.</i> <b>Застосування гібридних систем сонячної генерації та зберігання електроенергії в умовах введення графіків аварійних відключень та паралельної роботи цих систем з електричними мережами.....</b>	34
6. <i>Назаренко О. Ю.</i> <b>Перспективи та особливості технології фотоелектричної сонячної енергетики з урахуванням можливостей розвитку відновлюваних джерел енергії для України.....</b>	36
7. <i>Павлов А. О., Мороз О. М., Мірошник О. О., Серета А. І.</i> <b>Сучасні виклики альтернативній енергетиці України.....</b>	38
8. <i>Пономарьов К. М., Тітлов О. С.</i> <b>Дослідження тепло-масообмінних процесів при виробництві біодизельного палива.....</b>	40
9. <i>Потапенко М. В., Семенова Н. П.</i> <b>Підвищення ефективності оцінки і прогнозування стану технологічних ліній біогазових установок.....</b>	42
10. <i>Савченко О. А.</i> <b>Аналіз сучасних технологій акумулювання енергії в електроенергетичних системах.....</b>	44
11. <i>Сотнік О. В., Мороз О. М.</i> <b>Впровадження сонячних електростанцій – один із факторів підвищення енергоефективності та енергонезалежності сільськогосподарських підприємств.....</b>	46
12. <i>Толстік О. І., Герасименко В. А.</i> <b>Реалізація зарядних станцій для електромобілів з використанням відновлювальних джерел енергії.....</b>	48
13. <i>Федорейко В. С., Загородній Р. І.</i> <b>Енергоефективні режими роботи твердопаливного теплогенератора.....</b>	50

### СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

1. <i>Бондаренко М. О., Лисиченко Р. М.</i> <b>Вплив якості електричної енергії на ефективність роботи частотно-регульованого електроприводу насоса.....</b>	52
2. <i>Герасименко В. А., Гусак Д. В.</i> <b>Вдосконалення системи тягового електроприводу при модернізації на міському електричному транспорті.....</b>	54
3. <i>Герасименко В. А., Захаров М. І.</i> <b>Вдосконалена система контролю та управління джерелом енергії тягового приводу електромобіля.....</b>	56
4. <i>Іванченко О. В., Гузенко В. В.</i> <b>Аналіз методів керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем..</b>	58
5. <i>Кашкарьов А. О.</i> <b>Концепція електропостачання електромеханічного комплексу.....</b>	60
6. <i>Коробський В. В.</i> <b>Дослідження величини проплавлення контактів електромагнітних пускачів при комутації струму.....</b>	62
7. <i>Семенов О. О., Лисиченко М. Л.</i> <b>Роботизована ультрафіолетова установка в свинарнику.....</b>	64
8. <i>Середин М. Ю., Лисиченко М. Л.</i> <b>Автоматизована система керування електроприводами установки для сушки тирси.....</b>	66
9. <i>Синявський О. Ю., Савченко В. В., Лас П. І.</i> <b>Вплив несиметрії напруги на енергетичні характеристики робочих машин.....</b>	68
10. <i>Сподоба М. О., Заблудський М. М.</i> <b>Енергоефективність електроприводу змішуючого пристрою біогазового реактора.....</b>	70
11. <i>Цибух А.В., Сорокін М.С.</i> <b>Децентралізоване управління системами електроприводу.....</b>	72
12. <i>Хандола Ю.М., Гузенко В.В.</i> <b>Диференціація особливостей використання барабанних сушарок та розробка системи керування швидкісним режимом.....</b>	74
13. <i>Хандола Ю.М., Сотнік О.В., Литвиненко В.М.</i> <b>Удосконалення методики комплектування електроприводів змішувачів кормів.....</b>	76
14. <i>Чуєнко Р.М.</i> <b>Однофазний компенсований асинхронний двигун.....</b>	78



15. <i>Щур І. З., Кузик І. В.</i> <b>Енергоформуєче керування безщітковим двигуном постійного струму за посередництвом ZETA–SEPIC двонапрявленого перетворювача постійної напруги.....</b>	80
---	----

#### СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

1. <i>Аврунін О. Г., Носова Я. В., Селіванова К. Г., Грохова Г. П., Прісич О. Ю.</i> <b>Створення сучасного відеоконтенту для дистанційного навчання та фізичної реабілітації.....</b>	82
2. <i>О. Almazova, M. Lysychenko</i> <b>Phototherapeutic equipment on light-emitting diodes for extracorporeal blood irradiation.....</b>	84
3. <i>Баленко М. М., Кривонос В. Є., Шайко-Шайковський О. Г.</i> <b>Обґрунтування електричної схеми заміщення біологічної ткани при дослідженні постійним струмом.....</b>	86
4. <i>Maša Blažič, Katja Ružič</i> <b>Research in faculty of electrical engineering, laboratory of biocybernetics, chair of biomedical engineering university of Ljubljana.....</b>	88
5. <i>Гарасимчук І. Д., Хворостовський В. Г.</i> <b>Дослідження системи аналізу м'язової активності на базі машинного навчання.....</b>	91
6. <i>Гузенко В. В.</i> <b>Вплив радіоімпульсного випромінювання на біологічно-активні точки тварин.....</b>	93
7. <i>Дубік В. М.</i> <b>Аналіз процесу залучення комах-шкідників садів до штучного джерела оптичного випромінювання.....</b>	95
8. <i>Дудка Д. О., Висоцька О. В.</i> <b>Розробка метода прогнозування зниження адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи людини.....</b>	97
9. <i>Дьоміна Т. О., Лисиченко М. Л.</i> <b>БАТ – як інструмент керування біохімічними і фізіологічними процесами тварин.....</b>	99
10. <i>Жила В. І., Лисиченко М. Л.</i> <b>Формування центрів концентрації кислomолочних бактерій.....</b>	101
11. <i>Кіпенський А. В., Куліченко В.В.</i> <b>Про перспективні напрямки та рекомендації по створенню інтелектуальних програмно-апаратних комплексів терапевтичного призначення.....</b>	103

12. <i>Козак О. В.</i> <b>Аналіз методів і пристроїв для знищення біологічних шкідників кореневої системи плодкових культур.....</b>	105
13. <i>Косуліна Н. Г., Гарбуз А. І., Даньшов М. С.</i> <b>Використання магнітного поля в магнітно-резонансній томографії.....</b>	107
14. <i>Ляшенко Г. А., Полянова Н. В.</i> <b>Фактори, від яких залежить точність і достовірність УЗ діагностики.....</b>	110
15. <i>Манічева Н. В., Тітова Н. В.</i> <b>Оцінка використання ультразвуку для очищення поверхонь медичного обладнання.....</b>	112
16. <i>Михайлова Л. М.</i> <b>Визначення параметрів інформаційного поля граничновисокої частоти для лікування запалення молочної залози свиноматок .....</b>	114
17. <i>Михайлова Л. М., Думанський О. В.</i> <b>Аналіз методів і електронних систем для лікування ендометриту корів.....</b>	116
18. <i>Михайлова Л. М., Рудь А. В., Грушецький С. М., Павельчук Ю. Ф., Корчак М. М.</i> <b>Результати дослідження з визначення параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань.....</b>	118
19. <i>Міленін Д. М., Пархоменко Л. І., Лисиченко М. Л.</i> <b>Лазерні технології в системі профілактики вірусних захворювань птиці.....</b>	120
20. <i>Панкова О. В., Сировицький К. Г.</i> <b>Метод прискорення біохімічних процесів насіння сільськогосподарських культур на основі використання світлових джерел енергії.....</b>	122
21. <i>Панцир Ю. І., Потапський П. В.</i> <b>Дослідження моделі випромінювача для акустичного безконтактного переміщення мікрочастинок.....</b>	124
22. <i>Піщанська Я. А., Порван А. П.</i> <b>Розробка математичної моделі визначення радіонуклідної небезпечності територій.....</b>	126
23. <i>Потапський П. В., Вусатий М. В.</i> <b>Дослідження приладу електростимуляції біологічно-активних точок для адаптивної корекції імунної системи.....</b>	128
24. <i>Савченко В. В., Синявський О. Ю., Величко П. Д.</i> <b>Вплив магнітного поля на посівні якості насіння льону.....</b>	130
25. <i>Соколов А. А., Аврунін О. Г.</i> <b>Натурне моделювання переміщення рідинного вмісту придаткової пазухи носу за методом проетца.....</b>	132

26. Семенов О. О., Безсонов О. О., Рибалка А. І. <b>Установка для аналізу динаміки розвитку молодняку тварин при відгодівлі....</b>	134
27. Столяров О. В., Лисиченко М. Л. <b>Автоматизована установка для лазерної обробки спермодоз перед штучним осіменінням свиноматок.....</b>	136
28. Торчук М. В. <b>Визначення оптимальних біотропних параметрів імпульсного електричного поля для підвищення імуноглобулінів у молозиві тільних корів.....</b>	138
29. Чеботарьова Г. М., Андреева Т. О., Стоянов О. М., Бакуменко І. К., Стоянов А. О. <b>КТ обстеження людей та домашніх тварин з дегенеративно-дистрофічним процесом шийного відділу хребта. Вторинний (придбаний) стеноз хребетного каналу.....</b>	140
30. Чеботарьова Г. М., Андреева Т. О., Стоянов О. М., Добровольський В. В., Гіль О. Л. <b>Дегенеративно-дистрофічні зміни шийного відділу хребта у ссавців. Комп'ютерна томографія.....</b>	142
31. Чеботарьова Г. М., Андреева Т. О., Стоянов О. М., Чигринський М. Е., Калашніков В. Й. <b>Аспекти морфометрії при КТ обстеженні людей та домашніх тварин із змінами по типу міжхребцевого остеохондрозу шийного відділу хребта. Комп'ютерна томографія .....</b>	144
32. Червінський Л. С., Окушко О. В., Радько І. П., Наливайко В. А. <b>Передпосівна фотоактивація зернових культур оптичним випромінювання різного спектру.....</b>	146
33. Чорна М. О., Сухін В. В. <b>Дезінфекція та сушка насіння зернових культур із застосуванням електромагнітного випромінювання.....</b>	148
34. V. Shigimaga <b>Pulsed conductometry of single cells in electric field with rising strength.....</b>	150
<b>СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО-ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ</b>	
1. Антипов Є. О. <b>Дослідження впливу теплопровідних включень на температури фазових переходів акумулюючих матеріалів органічного походження.....</b>	152
2. Кравченко В. В., Лапардін М. І. <b>В'язкість синтетичного компресорного масла ISO 10.....</b>	154
3. Крусір Г. В., Купріяшкіна О. В. <b>Дослідження впливу параметрів біоремедіації на ефективність біодеградації вуглеводнів.....</b>	156

4. <i>Кухаренко В. М.</i> <b>Підготовка кадрів на базі мікро-кваліфікації.....</b>	158
5. <i>Петренко О. В., Білецький Е. В.</i> <b>Застосування системного підходу при моделюванні систем охолодження та кондиціонування.....</b>	160
6. <i>Петушенко С. М., Тітлов О. С.</i> <b>Розробка систем охолодження для первинної низькотемпературної обробки та зберігання зерна дрібнонасінневих культур.....</b>	162
7. <i>Семенюк Д. П., Якушенко Є. М.</i> <b>Математичне моделювання роботи пропіленглікольного контуру системи холодопостачання птахофабрики.....</b>	164
8. <i>Смілик М. М., Потапов В. О.</i> <b>Розробка експериментальної холодильної установки для зберігання в польових та військових умовах.....</b>	166
9. <i>Тітлов О. С., Осадчук Є. О., Нікітін Д.М.</i> <b>Розробка абсорбційних водоаміачних холодильних машин для роботи в системах отримання води з атмосферного повітря.....</b>	168
10. <i>Ткаченко В. Р., Антипов Є. О.</i> <b>Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимальної конструкції опалювального приладу.....</b>	170
11. <i>Яковлева О. Ю., Хмельнюк М. Г., Трандафілов В. В.</i> <b>Можливості підвищення ефективності ХУ з використанням природних та альтернативних холодоагентів.....</b>	172
12. <i>Якушенко Є. М., Семенюк Д. П.</i> <b>Безмашинні засоби охолодження з використанням альтернативних джерел енергії.....</b>	174
13. <i>Zh. Zhuman, N. Khanzharov, B. Abdizhapparova</i> <b>Application of heat pump in vacuum dryer.....</b>	176

## СЕКЦІЯ 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА

1. <i>Дьоміна В. М., Босенко К. О.</i> <b>Використання методів нечіткої логіки для опису даних при побудові числової моделі управління регіоном.....</b>	178
2. <i>Зубко В. М., Шуляк М. Л., Шелест М. С.</i> <b>Адаптація модуля віртуальної реальності до викликів дистанційного навчання в агроінженерії.....</b>	180
3. <i>Левкін А. В., Котко Я. М., Левкіна Р. В.</i> <b>Кібербезпека, як фактор підвищення ефективності підприємницької діяльності у АПВ.....</b>	182

4. Мегель Ю. Є., Чалий І. В., Міхнова О. Д. Дослідження рухомих об'єктів методами оптичного потоку.....	184
5. Мегель Ю. Є., Чалий І. В., Левкін А. В., Левкін Д. А. Роль контролінгу під час управління енергетичними ризиками в технологічних процесах.....	186
6. Сорокін М. С. Класифікація кіберзагроз систем керування промислового обладнання.....	188
7. Яковлева О. Ю., Хмельнюк М. Г. Стратегії роботи з віртуальною командою за допомогою ІСТ.....	190

## СЕКЦІЯ 7. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

1. Васюк В. В. Життєвий цикл програмного забезпечення інженерних об'єктів.....	192
2. Гладуш В.Г., Чеканов М.А. Автоматизація процесу ультразвукової диспергації безперервної дії.....	194
3. Демченко К. В., Радченко С. С. Підвищення продуктивності обчислювальних засобів.....	196
4. Колодійчук Л. С. Використання цифрових технологій для управління електричними реле.....	198
5. Лелюх О. М., Леонт'єв П. В. Дослідження системи стабілізації озброєння мобільного робота.....	200
6. Панов А. О. Дослідження регулювання усталеного відхилення напруги за допомогою пристрою «РЕЛСІС РЗЛ-05».....	202
7. Шелест М. С. Створення моделі висіваючого апарату для просапних культур з можливістю інокуляції при використанні ARDUINO NANO.....	204

Наукове електронне видання  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

## **ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК**

**МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

22 грудня 2022 р.

Відповідальні за випуск: О. О. Мірошник,  
Ю. М. Хандола,  
О. В. Петренко,  
Ю. Є. Мегель,  
С. О. Тимчук  
О. М. Жданович  
Комп'ютерна верстка: В. Пазій  
В. Гузенко  
М. Чорна  
М. Смілик  
О. Міхнова  
С. Литвиненко

---

Підп. до друку 22.12.2022 р. Об'єм даних 3,94 Мб.

---

Державний біотехнологічний університет  
Вул. Алчевських, 44, Харків, 61002