



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН ТА ФІНАНСІВ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЛОГІСТИКИ

МАТЕРІАЛИ
VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

***НАПРЯМИ РОЗВИТКУ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
І ЛОГІСТИКИ В АПВ***

20-21 травня 2026 року



м. Харків 2026

Організаційний комітет

Голова оргкомітету:

Михайлов Валерій Михайлович, д.т.н., професор, проректор з наукової роботи ДБТУ, м. Харків, Україна

Заступники голови оргкомітету:

Серік Максим Леонідович, к.т.н., доцент, проректор з науково-педагогічної роботи, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Ларіна Тетяна Федорівна, д.е.н, професор, декан факультету економічних відносин та фінансів, ДБТУ, м. Харків, Україна.

Члени оргкомітету:

Войтов Віктор Анатолійович, д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій і логістики, ДБТУ, м. Харків, Україна.

Аулін Віктор Васильович, д.т.н., професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського НТУ, м. Кропивницький, Україна.

Ślawomir Kocira, Prof. dr hab., University of Life Sciencesin, Lublin, Poland.

Paweł Kielbasa, Associate Professor, University of Agriculturein, Krakow, Poland.

Maciej Kuboń, Prof. drhab. inż., University of Agriculturein, Krakow, Poland.

Hristo Ivanov Beloev, Prof. Doctor of Technical Sciences, Angel Kanchev University of Ruse, Bulgaria.

Maroš Korenko, Prof. Doctor of Technical Sciences, Slovak University of Agriculturein Nitra, Slovakia.

Serhii Kharchenko, Assoc. Prof. DSc PhD Eng., Departament of Fundamentals of Production Engineering, Lublin University of Technology, Poland.

Olha Shulika, Assistant Professor, PhD Jagiellonian University, Krakow, Poland.

Oleksandr Rossolov, Research Fellow, Doctor of Science, Department of Civiland Resource Engineering, Dalhousie University, Canada.

Ievgen Medvediev, Postdoctoral Researcher, PhD, Dr.Ing., Gdańsk University of Technology, Poland.

Наглюк Іван Сергійович, д.т.н., професор, завідувач кафедрою організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна.

Бредихін Вадим Вікторович, д.т.н, професор, декан факультету мехатроніки та інжинірингу, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Павленко Олексій Вікторович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна.

Любий Євген Володимирович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна.

Борак Костянтин Вікторович, д.т.н., доцент, заступник директора з навчальної роботи, Житомирський агротехнічний професійний коледж, м. Житомир, Україна.

Крувенко Leonid, ТОВ "Харківський молочний комбінат", начальник транспортного відділу, м. Харків, Україна.

Сисенко Ігор Іванович, к.т.н., генеральний директор приватного акціонерного підприємства «Зміївська овочева фабрика», м. Зміїв, Харківська область, Україна.

Ляшук Олег Леонтійович, д.т.н., професор, перший проректор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна.

Братішко Вячеслав Вячеславович, д.т.н., професор, декан механіко-технологічного факультету, НУБіП України, м. Київ, Україна.

Кузькін Олексій Феліксович, д.т.н., професор, декан транспортного факультету, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна.

Зубко Владислав Миколайович, д.т.н., професор, декан інженерно-технологічного факультету, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна.

Калінін Євген Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри тракторів і автомобілів, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

Сістук Володимир Олександрович, к.т.н., доцент, кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна.

Окороков Андрій Михайлович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортного сервісу та логістики, Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту, Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна.

Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна.

Турпак Сергій Миколайович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна.

Процик Олександр Петрович, к.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна.

Науменко Олександр Артемович, к.т.н., професор, професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О.І. Сідашенка, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Кравцов Андрій Григорович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Козенок Анна Сергіївна, к.т.н., доцент, кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Городецька Тетяна Едуардівна, к.е.н., доцент, кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Горяїнов Олексій Миколайович, к.т.н., доцент, кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Карнаух Микола Віталійович, к.т.н., доцент, кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Войтов Антон Вікторович, к.т.н., доцент, кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Щур Тарас Григорович, к.т.н., доцент, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.

Захарченко Михайло Борисович, к.т.н., директор ВСП, Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, Україна.

Дубінецький Володимир Володимирович, к.п.н., директор ВСП, Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, Україна.

Великодний Денис Олександрович, к.т.н., доцент, голова циклової комісії з організації перевезень і безпеки руху на автотранспорті, ВСП Автотранспортний фаховий коледж Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, Україна.

ЗМІСТ

Секція 1

ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

<i>Шуліка О.О.</i> ОЦІНКА ФІДЕРНОГО ТРАНСПОРТУ НА ВИМОГУ (DRT) В МІСЬКІЙ ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ	9
<i>Паккі А.Г.</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ	11
<i>Градисьька Ю.Ю.</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF DISTRIBUTION CHANNELS FOR PACKAGED AND PIECE CARGO	13
<i>Szymon Stajer, Silesian University of Technology, Poland</i> ANALYSIS OF THE OPERATION OF ROAD-TRAM TRAFFIC SIGNAL CONTROL IN THE UPPER SILESIA-ZAGŁĘBIE METROPOLITAN AREA	17
<i>Ларіна Т.Ф.</i> ПАРАДИГМАЛЬНИЙ ЗСУВ У ЛОГІСТИЦІ: ВІД ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ ДО АДАПТИВНО-РИЗИКОВОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ	19
<i>Taras Shchur, Slawomir Kubasa</i> DESIGN AND OPTIMIZATION OF A HYDRANT FUELING NETWORK FOR AIRCRAFT AT KATOWICE-PYZOWICE AIRPORT	21
<i>Городецька Т. Е., Пенкіна О.Є.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АГРОПРОДУКЦІЇ	23
<i>Войтов В.А., Левадний О. Д.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ДОСТАВКИ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ У МЕЖАХ МІСТА	25
<i>Кравцов А.Г., Клинушкова А.І.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ	27
<i>Горяїнов О.М.,</i> ШІ-АГЕНТИ В ЛОГІСТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОГНОЗИ ТА ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ	29
<i>Прасоленко О.В., к.т.н.</i> ПОВЕДІНКА ВОДІЇВ У КОНФЛІКТНИХ ЗОНАХ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	34
<i>Дубровський Е.О.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ	35
<i>Молчанова В.А., Любий Є.В.</i> ДОСВІД НОВОЇ ПОШТИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПОШТОМАТІВ	37
<i>Кравцов А.Г., Дьомін О.А.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	40
<i>Городецька Т.Е., Беліков Д.С.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ	42
<i>Тогаєв Р.М., Птиця Н.В.</i> ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТАРИ НА ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ПРОДУКЦІЇ	44
<i>Malgorzata Rubach, Aleksandra Marczuk</i> PRACTICAL ASPECTS OF PERFORMING DUTIES AS A RAIL TRAFFIC CONTROLLER	47
<i>Козенок А.С., Міщенко К.О.</i> ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ВИБІР ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТІ МЕНА-КИЇВ	50
<i>Кобець А.Р., Орел Д.В., Городецька Т.Е.</i> УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ РИЗИКАМИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ СЕРЕДОВИЩА	52
<i>Абакумов М.О.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТАХ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	54
<i>Кравцов А.Г., Вишинський Д.О.</i> ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ МІСТКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	56
<i>Войтов В.А., Горошко А. С.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ У МЕЖАХ МІСТА	58

<i>Taras Shchur, Wiktor Bandala</i> ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WASTE SEGREGATION IN HOUSEHOLDS BASED ON THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE CONTENT OF SELECTIVE COLLECTION CONTAINERS IN THE ŻORY	60
<i>Карнаух М.В., Горяїнов О.М., Дейкало М.С.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРІОРИТЕТНОГО РУХУ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ МІСТ	62
<i>Бережна Н.Г., Войтова Н.О.</i> ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ МОРОЗИВА ВІД ВИРОБНИКА ДО ТОРГІВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	67
<i>Бабан Т.О., Сапаєв А.</i> СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ТУРКМЕНИСТАНУ ЯК ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ХАБУ	69
<i>Кравцов А.Г., Сушко М.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ	71
<i>Кусков М.А.</i> СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ РУХУ ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРИГАТУ	73
<i>Захарченко М.Б., Великодний Д.О., Дубінецький В.В., Дьяченко В.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИМ УПРАВЛІННЯМ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ	75
<i>Городецька Т.Е., Карнаух М.В., Боженов М.А.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ В МАЛИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ ШЛЯХОМ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ	77
<i>Кравцов А.Г., Спиця М.Д.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ПРИМІСЬКОГО ТА МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	81
<i>Сенчук І.І., Гадяцький Є.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	83
<i>Карнаух М.В., Смагін Г.М., Музильов Д.О.</i> МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТОРІВ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ МІСТА	85
<i>Петько А.В.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ	88
<i>Кравцов А.Г., Турецька А. Ю.,</i> ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ В МЕЖАХ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ	90
<i>Шульга Д.О., Морозов М.С., Немченко А.О., Пігарєв С.С., Дьяченко В.О.</i> ІННОВАЦІЇ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТІ: РЕВОЛЮЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	92
<i>Городецька Т.Е., Карнаух М.В., Логвиненко Н.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ	94
<i>Юрченко А.Ю.</i> ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСЬКИХ УМОВАХ	97
<i>Кравцов А.Г., Гавриляка Б.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ	99
<i>Бабан Т.О.</i> ТРАНСФОРМАЦІЯ РИНКУ ЛОГІСТИЧНОГО АУТСОРСИНГУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ: СТРУКТУРНІ ЗМІНИ, КОНКУРЕНТНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ТРАНСПОРТНА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ ОПЕРАТОРІВ	101
<i>Губарєв О.С., Скалозубов О.О., Любий Є.В.</i> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕЖ ОБ'ЄКТА ПРОСТОРОВОЇ КООРДИНАЦІЇ	103
<i>Жувак М.В.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	106
<i>Козенок А.С., Гнатюк К.І.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ЯК ФАКТОР ЗМЕНШЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ	108

<i>Авраменко Т.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІЗНИХ ВИРОБІВ	110
<i>Taras Shchur, Patrycja MALŻYSCA, Kamil Szweda, Wojciech Weksej, Grzegorz Żmuda,</i> ANALYSIS OF THE PHASE-OUT OF FOUR-ENGINE AIRCRAFT IN CIVIL AVIATION	112
<i>Борак К.В., Сидорчук-Шмідт С.Д.</i> ТРИБОТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ПАЛЬЦІВ СТІЛИ ЕКСКАВАТОРА	114

Секція 2

АГРОЛОГІСТИКА І УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ

<i>Mateusz Olszewski, Aleksandra Szkoda-Olszewska</i> INTEGRATION OF PUBLIC TRANSPORTATION AND OTHER MEANS OF TRANSPORT	119
<i>Городецька Т.Е.,</i> АДАПТАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ДО УМОВ ВОЄННОГО СТАНУ	121
<i>Карнаух М.В., Панченко Д.О., Музильов Д.О.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ОВОЧЕВИХ ПРОДУКТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЯХ УКРАЇНИ	123
<i>Росохатий С.А., Войтов В.А.</i> СПЕЦИФІКА УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ПОТОКАМИ В АГРОЛОГІСТИЦІ: ЧАСОВИЙ ТА БІОЛОГІЧНИЙ ВИМІРИ	127
<i>Кравцов А.Г., Печерський Д.О.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ	129
<i>Карнаух М.В., Говоруха Д.Є, Матющенко Є.В., Музильов Д.О.</i> ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗБИРАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ	131
<i>Кухар О.В., Кизим О.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	135
<i>Карнаух М.В., Кобець А.Р., Симоненко А.Ю.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	137
<i>Сиром'ятніков П.С., Козирь В.С.</i> ТРАНСПОРТУВАННЯ СВИНЕЙ. СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	142
<i>Городецька Т.Е., Карнаух М.В., Состін Е.А.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДОСТАВКОЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ	145
<i>Карнаух М.В., Кобець А.Р., Белоус С.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ У ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ	149
<i>Кравцов С.Г.</i> ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ТА ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПІДПРИЄМСТВ СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ	153
<i>Карнаух М.В., Горяїнов О.М., Гутянка Ю.М.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ ЛОГІСТИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АГРОКОМПЛЕКСУ	155
<i>Козенок А.С., Величко Є.С.</i> ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ	159
<i>Карнаух М.В., Криворот Є.Є., Музильов Д.О.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР	161
<i>Сиром'ятніков П.С., Перегняк Г.О.</i> ТРАНСПОРТУВАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ. СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	164

<i>Карнаух М.В., Говоруха Д.Є, Дон В.О., Музильов Д.О.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНА ВІД КОМБАЙНІВ ДО ЗЕРНОСХОВИЩА	167
<i>Козенок А.С., Стрижак А.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНА В МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ РУХОМИМ СКЛАДОМ ФГ «НЕРОЗЯ»	172
<i>Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С., Вишняк Д.С.</i> ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВАРИННИЦТВА. ВИДИ ТРАНСПОРТУВАННЯ У ТВАРИННИЦТВІ	175

СЕКЦІЯ 1.

Логістичне забезпечення транспортних процесів

**ASSESSMENT OF ON-DEMAND FEEDER TRANSPORT (DRT)
WITHIN THE URBAN MOBILITY SYSTEM**

*Shulika O., PhD, Assistant Professor
Jagiellonian University (Kraków, Poland)*

Urban mobility systems worldwide face a persistent structural challenge: even in cities with well-developed public transport networks, private car use remains dominant. A key driver of this pattern is the last-mile problem: the gap between residential areas and accessible public transport stops, which is particularly pronounced in low-density suburban zones [1]. Conventional fixed-route bus services are often economically unviable under dispersed demand conditions, resulting in infrequent schedules and long walking distances to stops. These conditions perpetuate car dependency and its associated externalities, including urban congestion, CO₂ emissions, and inefficient land use.

Demand-responsive transport (DRT) has emerged as a flexible service model capable of bridging this structural gap. Unlike fixed-route services, DRT systems generate routes dynamically in response to passenger requests, combining ride-pooling algorithms with flexible pick-up points. When designed as a feeder service, collecting passengers from their homes and delivering them to a major transit hub, DRT can substantially enhance the attractiveness and reach of public transport without replacing its core infrastructure. Therefore, the underlying planning principle is not substitution, but systemic integration. DRT amplifies the accessibility of the existing public transport network by extending its effective catchment area [1, 2].

Despite the growing deployment of DRT pilots in European cities, the methodological frameworks applied to evaluate such services remain limited. Most assessments focus on operational indicators – ridership volumes, booking rates, and user satisfaction surveys – while neglecting systemic effects such as modal split changes and network-level efficiency outcomes. This restricted evaluation perspective may produce what can be characterised as an illusion of local success: a service demonstrating positive results in a pilot zone may deliver substantially different outcomes when transferred to other urban contexts or scaled beyond the original deployment area without scientific grounding. To address this challenge, the present study proposes and applies a three-phase evidence-based analytical framework, demonstrated through the LajkBus pilot in Krakow, Poland.

Phase 1 – Ex-ante Zone Selection (SimFLEX). Prior to any operational investment, the SimFLEX microsimulation methodology [1] was applied to evaluate candidate urban areas for DRT deployment. SimFLEX models travel demand under behavioural uncertainty and assesses each candidate area against key performance indicators including feeder attractiveness, added value for users, probability of feeder mode choice, and potential waiting time reduction. A comparative analysis of two candidate districts – Bronowice and Skotniki – revealed that Skotniki, despite having a smaller resident population and a longer distance to the main transit hub, demonstrated substantially higher feeder attractiveness and added value in the simulation. This counterintuitive result underscores the necessity of simulation-based predeployment analysis over population-based or distance-based site selection heuristics. Skotniki was accordingly selected as the pilot deployment zone. Phase 2 – The LajkBus on-demand feeder service was launched on 10 February 2025 in Skotniki, connecting peripheral residents to the Czerwone Maki transit hub via the SCALAR ride-pooling platform within the EU Horizon Europe SUM project framework [3]. Users order a vehicle through a mobile application and pay using a standard KMK public transport ticket, ensuring complete fare integration. According to publicly available reports by the City of Kraków, between February and September 2025 the two LajkBus vehicles completed over 24,000 bookings and carried more than 30,000 passengers, covering over 70,000 kilometres [4]. Demand substantially exceeded that recorded under the predecessor TeleBus service, and September 2025 recorded the highest weekly ridership since launch, indicating growing adoption. The city's stated

objective of bringing a public transport stop within 500 metres of every resident's home positions LajkBus as a strategic last-mile integration tool [4].

Phase 3 – Scientific scaling. Pilot-level results, while encouraging, are insufficient to guide evidence-based city-wide expansion. Two complementary research directions address this limitation. The first applies a nested logit discrete choice model to quantify modal competition between private car use and a public transport nest comprising both conventional public transport and DRT alternatives [2]. This behavioural modelling approach enables the precise estimation of the share of DRT users genuinely shifting from private car use, as distinct from those who previously relied on public transport – a distinction of direct relevance for evaluating DRT's contribution to reducing urban congestion and emissions. The second direction addresses the spatial design of DRT service areas as an explicit optimisation problem. Standard planning practice typically relies on simple geometric shapes, such as distance buffers or administrative boundaries, which do not account for the complex interactions between spatial demand patterns, passenger behaviour, and operational performance. To overcome these limitations, a simulation-based greedy spatial expansion heuristic [5] is applied, in which the service zone is constructed iteratively by incorporating hexagonal H3 cells that maximise a composite performance score that combines added value, vehicle occupancy, and change in fleet size. The greedy heuristic – a class of algorithms that at each iteration selects the locally optimal candidate with the expectation of converging toward a globally satisfactory solution [5] – provides a computationally tractable and interpretable procedure for evaluating candidate service area configurations. Applied to the Skotniki case, the optimised configuration outperforms all baseline geometries evaluated through simulation, confirming that service area geometry should be treated as an explicit planning variable rather than a fixed construct. The three phases constitute a continuous City ↔ Science feedback loop: microsimulation informs area selection → the pilot generates empirical data → data refine behavioural and spatial models → refined models support system-wide scaling.

Conclusions. The research demonstrates that effective assessment of on-demand feeder transport requires evaluation at three interconnected levels: evidence-based zone selection prior to investment (SimFLEX); rigorous ex-post monitoring of operational and accessibility outcomes (LajkBus pilot); and scientifically grounded spatial and behavioural modelling for scaling (greedy expansion heuristic and nested logit model). Early operational evidence from the Krakow pilot confirms that a well-designed DRT feeder service can substantially improve public transport accessibility in low-density suburban areas and stimulate service adoption. However, pilot success represents the starting point – rather than the conclusion – of systemic analytical inquiry.

References:

1. Vasiutina H., Shulika O., Bujak M., Ghasemi F., Kucharski R. SimFLEX: A methodology for comparative analysis of urban areas for implementing new on-demand feeder bus services. *Journal of Public Transportation*. 2025. Vol. 27. 100142. <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2025.100142>
2. Shulika O., Vasiutina H., Bujak M., Ghasemi F., Kucharski R. Shifting Car Users To Public Transport: A Utility-Based Approach For Selecting Areas For Feeder Services. *Transportation Research Procedia*. 2026. Vol. 95. P. 744–751. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2026.02.094>
3. SUM Project. LajkBus to start soon in Krakow Living Lab. *SUM – Horizon Europe Project Website*. 2024. URL: <https://sum-project.eu/lajkbus-to-start-soon-in-krakow/> (accessed: 14.05.2026).
4. Subik P. LajkBus przewiózł 30 tysięcy pasażerów w dobrym kierunku! *Oficjalny serwis miejski Magiczny Kraków*. 2025. URL: https://krakow.pl/aktualnosci/299512,1912,komunikat,lajkbus_przewiozl_30_tysiecy_pasazerow_w_dobrym_kierunku.html (accessed: 14.05.2026).
5. Cormen T. H., Leiserson C. E., Rivest R. L., Stein C. *Introduction to Algorithms*. 4th ed. Cambridge : MIT Press, 2022. 1312 p.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

*Паккі А. Г., здобувач третього (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN INTERMODAL TRANSPORTATION

*Pakki A. G., PhD Student
State Biotechnological University*

Сучасний розвиток транспортно-логістичних систем характеризується зростанням обсягів перевезень, ускладненням ланцюгів постачання та необхідністю забезпечення високої ефективності управління транспортними потоками, що потребує координації взаємодії різних видів транспорту на основі застосування інноваційних підходів, серед яких ключове місце посідає штучний інтелект. Штучний інтелект у сфері інтермодальних перевезень виступає ефективним інструментом оптимізації логістичних процесів, забезпечуючи інтеграцію даних, автоматизацію управління та підвищення адаптивності транспортних систем. Завдяки використанню алгоритмів машинного навчання можливе прогнозування попиту на перевезення, моделювання вантажопотоків та визначення оптимальних маршрутів із урахуванням часових, економічних і екологічних параметрів.

Інтермодальна (мультимодальна) логістика – це система перевезень, коли для доставки вантажу послідовно використовуються два або більше видів транспорту за єдиним договором і транспортним документом. Такий підхід дозволяє оптимально поєднувати переваги різних видів транспорту, знижувати витрати та час доставки. Для України розвиток інтермодальної логістики набув критичного значення у 2020-2025 роках, особливо через геополітичні події. Через закриття повітряного простору та блокаду портів внаслідок війни основні транспортні потоки переорієнтувалися на західні кордони та мережу ЄС, що зробило інтеграцію до Trans-European Transport Network (TEN-T) надзвичайно актуальною [1].

Одним із ключових напрямів застосування штучного інтелекту є оптимізація маршрутизації інтермодальних перевезень, оскільки інтелектуальні системи дозволяють обирати найбільш ефективні комбінації видів транспорту (автомобільного, залізничного, морського, авіаційного), враховуючи завантаженість інфраструктури, погодні умови, стан транспортних коридорів і вартість перевезень, що сприяє скороченню часу доставки, зниженню витрат і підвищенню надійності логістичних операцій.

Щоб використання ШІ було максимально ефективним та точним необхідно на вході в систему використовувати максимально точні дані. Використання даних низької якості приводять до того, що ШІ помиляється. Менеджери ланцюгів постачання вантажів повинні володіти аналітичними навичками. Машинне навчання може бути контрольованим, неконтрольованим та підкріплене навчанням. Аргументи на користь ШІ в сталому управлінні ланцюгами постачання здебільшого ґрунтується на підвищенні ефективності усіх процесів [2].

Важливу роль відіграє застосування штучного інтелекту для управління логістичними вузлами та терміналами тому, що завдяки аналізу великих обсягів даних інтелектуальні системи забезпечують ефективний розподіл ресурсів, оптимізацію графіків перевалки вантажів, скорочення простоїв і підвищення пропускної спроможності інфраструктури. Термінальна обробка вантажів охоплює комплекс операцій, пов'язаних із прийманням, ідентифікацією, сортуванням, зберіганням і відправленням вантажів. Традиційні підходи до організації цих процесів часто характеризуються високою трудомісткістю, значними часовими витратами та ймовірністю помилок. У цьому контексті застосування штучного інтелекту дозволяє автоматизувати ключові операції, зменшити вплив людського фактору та підвищити загальну продуктивність терміналів.

Одним із основних напрямів використання штучного інтелекту є обробка та аналіз великих обсягів даних, що дозволяє прогнозувати вантажопотоки, оптимізувати завантаження терміналів і планувати ресурси. Алгоритми машинного навчання забезпечують більш точне планування операцій, зменшення простоїв техніки та скорочення часу обробки вантажів. Важливу роль відіграють технології комп'ютерного зору, які використовуються для автоматичної ідентифікації вантажів, зчитування штрихкодів і QR-кодів, а також контролю стану упаковки, що сприяє підвищенню точності обліку та зменшенню кількості помилок у процесі обробки.

Однією з сфер, де ШІ та технології покращили внутрішню логістику, є зменшення помилок під час вибору товарів в складських терміналах. Використання технології радіочастотної ідентифікації довело свою ефективність. RFID- чіпи відомі, як інтегровані схеми, зберігають ідентифікатори, що дозволяє легко знаходити та відстежувати автономних роботів. DHL використовують застосовують камери для зйомки зображень або відео та алгоритми штучного інтелекту для аналізу даних із цифрових зображень. Ці системи можуть розрізняти предмети і навіть самостійно слідкувати за об'єктами. Поєднуючи сильні сторони робототехніки та ШІ, ми можемо підвищувати ефективність, надійність і безпеку роботизованих систем [3].

Інтеграція штучного інтелекту з робототехнічними системами дозволяє створювати автоматизовані термінали, де навантажувально-розвантажувальні роботи виконуються автономними транспортними засобами та роботизованими комплексами, що значно підвищує швидкість виконання операцій і знижує витрати на персонал. Також штучний інтелект використовується для управління ризиками та безпекою на терміналах тому, що інтелектуальні системи здатні виявляти аномалії в роботі обладнання, прогнозувати можливі збої та запобігати аварійним ситуаціям, що сприяє підвищенню надійності функціонування логістичних об'єктів. Крім того, штучний інтелект використовується для підвищення прозорості та простежуваності інтермодальних перевезень, оскільки інтеграція технологій IoT, blockchain і аналітики даних дозволяє відстежувати переміщення вантажів у режимі реального часу, контролювати умови транспортування та оперативно реагувати на відхилення від запланованих параметрів.

Застосування штучного інтелекту також сприяє зниженню екологічного навантаження транспортної галузі, оскільки оптимізація маршрутів і раціональне використання транспортних засобів дозволяють скоротити споживання палива, зменшити викиди парникових газів і забезпечити більш ефективне використання ресурсів, що відповідає принципам сталого розвитку. Впровадження штучного інтелекту також має позитивний вплив на екологічні показники діяльності терміналів, оскільки дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити енергоспоживання та скоротити викиди шкідливих речовин.

Таким чином, використання штучного інтелекту в інтермодальних перевезеннях є перспективним напрямом розвитку транспортно-логістичних систем, що забезпечує підвищення ефективності, надійності та екологічності перевезень. Інтеграція інтелектуальних технологій у логістичні процеси створює передумови для формування сучасних цифрових транспортних систем та підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі.

Список посилань:

1. Solidarity Lanes: Latest figures – May 2025. Directorate-General for Mobility and Transport. 2025, 24 June. URL: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/solidarity-lanes-latest-figures-may-2025-2025-06-24_en.
2. Fatorachian H. Automation and AI in logistics: opportunities and challenges. - Journal of Logistics & Supply Chain Management. 2024. Vol. 16, P. 45-60.
3. Ferreira F., Reis J. Systematic review on artificial intelligence applications in transportation and logistics. Logistics. 2023. Vol. 7, P. 70-80.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ ТИПІВ КАНАЛІВ РОЗПОДІЛУ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

Козенок А.С., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Градиська Ю.Ю., студентка

Державний біотехнологічний університет

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF DISTRIBUTION CHANNELS FOR GENERAL CARGO

Kozenok A., PhD

State Biotechnological University (SBTU)

Hradyska Y., student

State Biotechnological University (SBTU)

В умовах сучасного розвитку економіки та зростання обсягів товарообігу важливого значення набуває ефективна організація процесів транспортування і розподілу вантажів. Значну роль у цьому відіграють канали розподілу, які забезпечують рух матеріального потоку від виробника до кінцевого споживача. Використання посередників у системі розподілу дозволяє оптимізувати логістичні процеси, скоротити кількість прямих контактів між виробником і споживачем та підвищити доступність товарів на ринку

Особливе місце у логістичних системах займають тарно-штучні вантажі, транспортування яких потребує чіткої організації доставки та врахування особливостей транспортної мережі, вантажу і потреб споживачів. У зв'язку з цим актуальним є порівняльний аналіз різних типів розподілу тарно-штучних вантажів, що дозволяє визначити їх ефективність, переваги та недоліки, а також обрати найбільш раціональні рішення для забезпечення якісного транспортного обслуговування.

Існує кілька альтернативних фізичних каналів збуту, які можна використовувати, а їх поєднання може бути включено до структури каналу. Основні альтернативні канали для окремого споживчого товару виникають під час транспортування товару від виробничого об'єкта виробника до роздрібного магазину. Використовуються й інші канали — канали від промислових постачальників до промислових споживачів або канали, що ведуть безпосередньо до кінцевого споживача.

Першочерговим завданням під час створення каналів розподілу є визначення кількості необхідних функцій процесу розподілу та суб'єктів, що здійснюватимуть ці функції. До основних характеристик каналу розподілу належать довжина та ширина каналу. Довжину каналу розподілу визначає кількість посередників, через яких товар проходить на шляху від виробника до споживача. Кожного посередника, який перебуває між виробником і кінцевим споживачем і бере участь у розподілі товару, вважають рівнем каналу розподілу. Отже, рівень каналу розподілу — будь-який посередник, який виконує певну роботу з наближення товару до споживача. Розрізняють прямі канали — канали нульового рівня — та непрямі: одно-, дво- та трирівневі канали розподілу

Канал нульового рівня, який також називають каналом прямого збуту, передбачає реалізацію продукції без участі посередників. У такому випадку виробник самостійно здійснює продаж товарів кінцевим споживачам через власні торговельні точки, фірмові магазини, представництва, інтернет-магазини або інші форми прямої торгівлі. Такий підхід дозволяє підприємству підтримувати безпосередній контакт із покупцями та контролювати процес реалізації продукції.



Рис. 1 – Схема нульового каналу

Однорівневий канал розподілу характеризується наявністю одного посередника між виробником і споживачем. Найчастіше цю функцію виконує роздрібний продавець, який забезпечує доведення товару до кінцевого покупця. У сфері промислової продукції посередниками можуть виступати дилери, брокери або торговельні агенти. Використання такого каналу сприяє розширенню ринку збуту та підвищенню доступності товарів для споживачів.

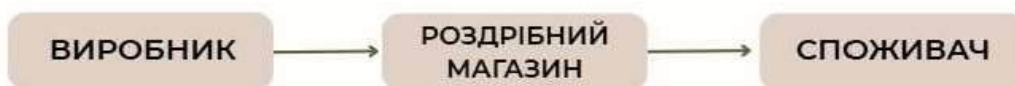


Рис. 2 – Схема однорівневого каналу

Дворівневий канал, від виробника до оптовика, а потім до роздрібною магазину. Оптовики протягом багатьох років виступали посередниками в ланцюгах дистрибуції, забезпечуючи зв'язок між виробником і невеликими роздрібними магазинами. Однак цей фізичний канал дистрибуції змінився в останні роки з розвитком оптових організацій або добровільних мереж. Ці оптові організації відомі як «символічні» групи в торгівлі продуктами харчування. Зазвичай вони створювалися з метою забезпечення цінової переваги шляхом закупівлі оптових партій у виробників або постачальників.



Рис. 3 – Схема дворівневого каналу

Від виробника до оптового магазину «cash-and-carry» і до роздрібною магазину. Ще одним важливим кроком у розвитку оптової торгівлі стало появу магазинів типу «cash-and-carry». Зазвичай вони будуються навколо оптової організації та складаються з невеликих незалежних магазинів, які самостійно забирають свої замовлення у регіональних оптовиків, а не отримують їх з доставкою. Зростання кількості таких магазинів пов'язане з тим, що багато постачальників відмовляються здійснювати пряму доставку до невеликих магазинів через дуже малі обсяги замовлень.

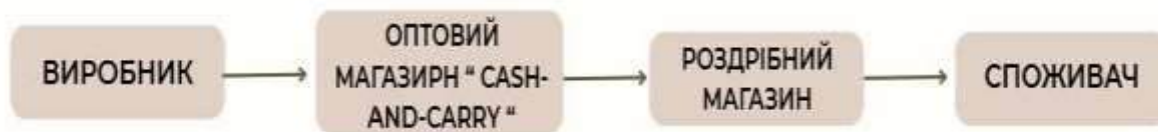


Рис. 4 – Схема постачання через оптовий магазин «cash-and-carry»

Від виробника до роздрібного магазину через сторонню дистрибуційну службу. Галузь сторонньої дистрибуції, або сектор дистрибуційних послуг, за останні роки зазнала стрімкого зростання. Низка компаній набула особливого досвіду у сфері складування та дистрибуції. Серед цих компаній є як ті, що пропонують загальні дистрибуційні послуги, так і ті, що спеціалізуються на наданні «спеціалізованих» послуг для певного виду продукції (наприклад, порцеляни та скла) або для конкретного клієнта.

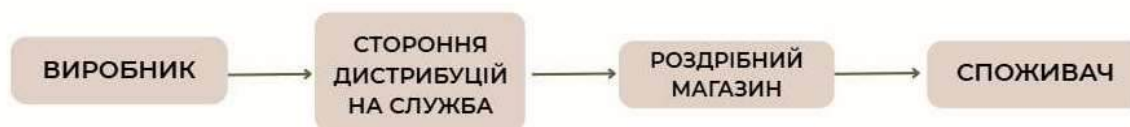


Рис. 5– Схема постачання через сторонню дистрибуційну службу

Від виробника до роздрібного магазину через операторів доставки дрібних посилок. Ці компанії, що дуже нагадують попередній канал фізичної дистрибуції, надають «спеціалізовані» послуги з доставки, де «товаром» є будь-яка дрібна посылка. Конкуренція, що виникає завдяки діяльності цих компаній, завжди була досить жорсткою.

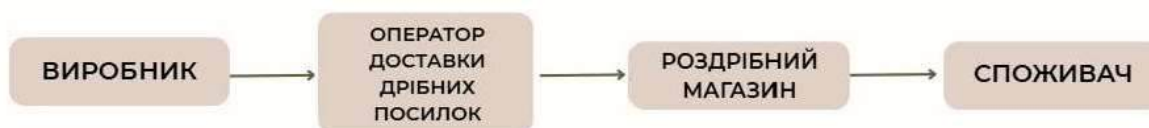


Рис. 6 – Схема постачання через операторів доставки дрібних посилок

Від виробника через брокера до роздрібного магазину. Це відносно рідкісний тип каналу, який іноді може бути торговим каналом, а не каналом фізичної дистрибуції. Брокер схожий на оптовика тим, що виступає посередником між виробником і роздрібним магазином. Однак його роль відрізняється, оскільки він часто більше займається маркетингом серії товарів, а не їх фізичною дистрибуцією. Таким чином, брокер може використовувати сторонніх дистриб'юторів або мати власний склад і систему доставки. Брокер може забезпечити альтернативний канал фізичної дистрибуції.



Рис. 7 – Схема постачання через брокерів

Структури каналів збуту можуть суттєво відрізнятись в різних компаніях. Основні відмінності полягають у таких аспектах: типи посередників; кількість рівнів посередників (скільки компаній займаються реалізацією товару); та інтенсивність збуту на кожному рівні.

Окрема компанія може мати багато різних товарів і багато різних категорій клієнтів. Тому така компанія використовуватиме низку різних каналів у своїй дистрибуційній діяльності. Це, разом із великою кількістю змінних факторів та елементів, що можуть бути присутніми в структурі каналу, ускладнює ефективне узагальнення.

Отже, порівняльний аналіз різних типів каналів розподілу тарно-штучних вантажів свідчить, що ефективна організація логістичного ланцюга є ключовим фактором успішного просування товарів від виробника до кінцевого споживача в умовах сучасного зростання обсягів товарообігу. Кожен тип каналу має власні особливості, переваги та недоліки, які визначають його доцільність залежно від обсягів вантажів, характеристик товару, географії ринку та вимог клієнтів.

Коротко описавши кожен з каналів, можемо зробити порівняльний аналіз і виділити їх ключові переваги та недоліки. Прямий канал (нульового рівня) забезпечує максимальний контроль і вищий прибуток, але потребує значних ресурсів і підходить не для всіх видів бізнесу. Одно- та дворівневі канали залишаються найбільш поширеними завдяки універсальності та можливості обслуговування великої кількості дрібних роздрібних точок, хоча й збільшують довжину ланцюга та витрати. Канали через cash-and-carry зручні для незалежних магазинів з невеликими обсягами. Сторонні дистрибуційні служби та оператори доставки дрібних посилок вирізняються високою ефективністю, професіоналізмом і гнучкістю, дозволяючи підприємствам зосередитися на основній діяльності. Канал через брокерів більше орієнтований на маркетинг, ніж на фізичну дистрибуцію.

У сучасних умовах найпоширенішими залишаються одно та дворівневі канали розподілу завдяки їхній універсальності. Водночас найоптимальнішими стають гібридні моделі, які поєднують традиційні канали з послугами професійних логістичних операторів та спеціалізованих служб доставки. Саме такі моделі забезпечують найкраще співвідношення витрат, швидкості доставки, якості обслуговування та рівня контролю. Таким чином, раціональний вибір або комбінація різних типів каналів розподілу є важливим стратегічним рішенням, яке дозволяє оптимізувати логістичні процеси, скоротити витрати та підвищити конкурентоспроможність підприємств на ринку тарно-штучних вантажів.

Список посилань:

1. Крикавський Є.В. Логістика. Для економістів: Підручник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2022. - 448 с.
2. Logistics Today, 49(1), 1547-1438 / Penton Media, Inc. – New York: Penton Media, January 2008. – 40 p.
3. Logistics Today, 49(2), 1547-1438 / Penton Media, Inc. – New York: Penton Media, February 2008. – 32 p.
4. Транспортна логістика: навчально-методичний комплекс з дисципліни [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 073 «Менеджмент» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.Ю.Григорак. Електронні текстові данні (1 файл: 3,77 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 199 с.

ANALYSIS OF THE OPERATION OF ROAD-TRAM TRAFFIC SIGNAL CONTROL IN THE UPPER SILESIAN-ZAGŁĘBIE METROPOLITAN AREA

Szymon Stajer, Silesian University of Technology, Poland

The Upper Silesian-Zagłębie Metropolis (GZM) is one of the most urbanised and economically active areas in Poland. High volumes of car traffic, a growing number of trips and a dense network of intersections make it increasingly difficult to maintain the punctuality of public transport. This particularly affects trams which, despite high capacity, share space with road traffic on many corridors and are susceptible to congestion at intersection approaches [1], [3]. Statistics show a marked increase in the number of registered vehicles in Poland: from about 20.5 million in 2012 to about 30 million in 2022, which translates into higher pressure on infrastructure and reduced traffic flow during peak hours [2]. Under such conditions, efficient road-tram signal control and effective priority for rail vehicles are among the key tools of metropolitan traffic management.

The aim of this paper is to provide a concise presentation of the results of an analysis of selected road-tram signalised intersections in the GZM and to assess how the applied tram detection methods affect the ability to grant priority. The study is based on a literature review in transport management and traffic engineering [1], [4], [6] and on field observations of intersections in Bytom and Chorzów. In particular, the following were assessed: (i) controller mode (fixed-time vs. demand-actuated), (ii) tram detection method (inductive loops, traction sensors, video detection) and (iii) the consequences of the signal programs for travel time and delay risk.

In practice, several complementary detection methods are used to control tram traffic at intersections. Inductive loops installed in the track bed or roadway detect a change in inductance caused by the metal body of the vehicle and can send a call to the signal control system [6]. This solution is relatively precise, but it requires cutting into the pavement and is prone to damage and maintenance constraints. Traction sensors (e.g., ZIR-CT) installed near the overhead contact infrastructure enable tram detection without interfering with the pavement, and the presence information can be used for dynamic phase modification [7], [10]. A third approach is video detection cameras which, by analysing images in real time, allow vehicles to be detected and classified and thus enable adaptive extension, shortening or calling of signal phases depending on traffic conditions [5], [11]. For tram priority, it is crucial that detection is reliable and that the control logic can genuinely reduce rail-vehicle delays at acceptable infrastructure maintenance cost.

Case study 1 concerns the intersection in Bytom: Powstańców Warszawskich Street and Sądowa Street. Observations indicate that the signals operate in a demand-actuated mode: pedestrian calls and vehicles on the Sądowa approach trigger service of that movement, whereas in the absence of calls the main corridor (Powstańców Warszawskich) retains a continuous green [8]. For trams, integration with the turnout system plays a key role: information on switch blade position is automatically transferred to the signal control system, enabling a rapid green indication for the requested direction. In addition, blocking mechanisms for selected conflicting movements were observed to ensure an unimpeded tram passage when approaching the Bytom Batorego stop [14]. This example shows high consistency between detection logic, the signal program and the needs of rail transport, which supports smoother operation. Case study 2 covers the intersection in Chorzów: 3 Maja Street and Floriańska Street. During the analysed period the signals operated in fixed-time mode, which, despite the presence of detection infrastructure, limited the ability to react to current demand and created unfavourable conditions for rail transport [10]. The fixed-time operation was linked to a temporary traffic reorganisation due to modernisation and reconstruction of the road system near Katowicka Street (DK79), where Floriańska served as an important diversion route [10]. For a return to adaptive operation, an approach was proposed in which 3 Maja retains default priority in the program, while phase changes occur only in response to a pedestrian call or demand from the Floriańska approach. This variant minimises green-time losses when there is no real demand from the minor approach and can reduce delays of trams running in mixed traffic.

Case study 3 concerns the intersection in Chorzów: Dąbrowskiego Street with Katowicka Street and Konopnickiej Street. Here, fixed-time operation was also observed, and the signal

program contained solutions generating unjustified capacity losses and tram delays [10]. Particularly unfavourable was a permanent green for the right-turn movement from Katowicka to Konopnickiej, regardless of the presence of vehicles on the dedicated lane, for about 47 s per cycle. At the same time, trams running along Katowicka received a passage window of only about 16 s, which limited smooth progression and increased the risk of delay accumulation [10]. Attention was also drawn to malfunctions of video detection and inductive loops in the track area (no effective call, false calls), as well as to signal changes that permitted a tram entry without its physical presence before the signals [8].

In light of these observations, the key recommendations concern two areas: reliable detection and correction of the signal program. First, tram priority requires a stable call channel - without it the controller effectively operates as fixed-time and 'priority' remains a declaration. It is therefore necessary to restore correct operation of inductive loops and/or video detection cameras, along with periodic calibration and configuration audits [11]. Second, the signal program should eliminate 'empty' phases (e.g., unconditional right turn under marginal demand) and allow repeated granting of tram passage within one cycle, provided that this does not introduce safety conflicts [8]. From an operational perspective, it is also reasonable to consider standardising detection solutions at city/area level - for example by basing detection on video where urban conditions allow - which can reduce maintenance costs and physical interference with tramway infrastructure [10].

The effectiveness of tram-priority implementations should be assessed using measurable indicators: average delay at the intersection approach, the number of stops per cycle, the standard deviation of travel time, and the impact on queue lengths on road approaches. Further work should include before-and-after measurements (e.g., travel time recording between control points, analysis of ITS system data) and simulation modelling to select control parameters while maintaining traffic safety and acceptable capacity for road movements [4], [6].

Conclusions. The analysis of selected intersections in the GZM showed that effective tram priority is not merely a matter of 'having detection', but of combining a reliable call with appropriate signal logic. The Bytom example confirms that demand-actuated control, integration with tramway infrastructure elements and a consistently maintained priority for the main corridor can reduce unnecessary tram stops and improve progression. In turn, observations from Chorzów indicate that fixed-time control, unconditional phases and detection errors translate into wasted time for rail vehicles and deteriorated punctuality of public transport. Recommended improvement directions include: (1) restoring correct operation of inductive loops and video detection and conducting regular audits, (2) redesigning signal programs to eliminate 'empty' phases and increase flexibility for tram movements, and (3) standardising detection and maintenance solutions at the management level, which can reduce operating costs and improve system reliability [10], [11].

References:

1. Tomanek, R. (2019). Zarządzanie transportem miejskim.
2. GUS (2022). Transport – wyniki działalności w latach 2012–2022. Główny Urząd Statystyczny.
3. Suchorzewski, W. (2016). Transport miejski i regionalny.
4. Witkowski, J., Żak, J. (2020). Logistyka i zarządzanie transportem.
5. Nowak, M., Kaczmarek, J. (2018). Technologie w zarządzaniu ruchem drogowym. Wydawnictwo Naukowe PWN.
6. Józwiak, M., Kuryłek, K. (2018). Zarządzanie ruchem drogowym. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
7. ZIR-CT traction sensor: grupazir.pl (accessed: 20.12.2024).
8. Video detection - detectors: msrtraffic.com.pl (accessed: 28.12.2024).
9. Autoscope IntelliSight video detection: grupazir.pl (accessed: 28.12.2024).
10. MZUiM Chorzów: information on the expansion of DK79 - Katowicka Street (accessed: 03.01.2025).
11. Author's own resources (field observations).

**ПАРАДИГМАЛЬНИЙ ЗСУВ У ЛОГІСТИЦІ: ВІД ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ ДО
АДАПТИВНО-РИЗИКОВОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ТА
ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ**

*Ларіна Тетяна Федорівна, д.е.н.
Державний біотехнологічний університет*

**PARADIGM SHIFT IN LOGISTICS: FROM AN OPTIMIZATION-BASED TO AN
ADAPTIVE RISK-ORIENTED MODEL OF MATERIAL AND INFORMATION FLOW
MANAGEMENT**

*Tetiana Fedorivna Larina, Doctor of Economic Sciences
State Biotechnological University
(SBTU)*

Сучасний етап розвитку логістики характеризується поступовою втратою ефективності класичної оптимізаційної парадигми, що тривалий час визначала логіку управління матеріальними та інформаційними потоками. Логістичні системи втрачають здатність функціонувати як детерміновані структури і дедалі більше набувають рис відкритості, динамічності та нелінійності. Їх поведінка визначається не лише внутрішньою оптимізацією, а й реакцією на зовнішні шоки. Вище зазначена трансформація логістичних систем актуалізує потребу в переосмисленні самої сутності логістичного управління, де на зміну оптимізаційній логіці приходять адаптивно-ризикова модель. На відміну від традиційного підходу, що передбачає досягнення «найкращого» стану системи за заданих умов, нова модель виходить із принципової неможливості фіксації стабільних параметрів середовища. Управління логістичними потоками трансформується у процес безперервного коригування рішень на основі оцінки ризиків, сценарного аналізу та оперативної перебудови зв'язків між елементами системи. Ядром моделі виступає не ефективність у вузькому витратному розумінні, а здатність системи зберігати функціональність в умовах невизначеності, тобто її стійкість і адаптивність.

Парадигмальний зсув актуалізує питання ролі інформаційних потоків. З допоміжного елемента логістики вони перетворюються на системоутворюючий компонент: в межах оптимізаційної моделі інформація використовувалася переважно для координації операцій і контролю виконання; в адаптивно-ризиковій логіці вона стає інструментом раннього виявлення ризиків, прогнозування змін та формування альтернативних сценаріїв функціонування логістичної системи. Це обумовлює необхідність інтеграції інформаційних і матеріальних потоків у єдиний аналітичний контур, здатний забезпечити швидке прийняття рішень в умовах дефіциту часу та інформаційної неповноти.

Важливою характеристикою нової парадигми є відмова від жорсткої оптимізації на користь гнучких, інколи навіть надлишкових рішень, таких як диверсифікація постачальників, створення страхових запасів, дублювання логістичних маршрутів. З позицій класичної ефективності такі рішення можуть виглядати нераціональними, однак у довгостроковій перспективі саме вони забезпечують зниження системних ризиків і підвищення життєздатності логістичних мереж.

Критичним емпіричним підтвердженням парадигмального зсуву в логістиці є трансформація транспортно-логістичної системи України в умовах воєнної та геополітичної турбулентності, де класична модель мінімізації витрат фактично втратила функціональну релевантність. Зокрема, у період з березня 2022 року до грудня 2023 року лише залізничним транспортом було експортовано близько 36 млн т аграрної продукції, що стало вимушеною адаптаційною відповіддю на блокування морських маршрутів і демонструє переорієнтацію логістичних потоків на альтернативні канали постачання. При цьому інфраструктурна перебудова на західних кордонах відбувалася прискореними темпами: сформовано мережу з

56 логістичних терміналів, з яких частина функціонує на території України, а значна кількість - у прикордонних регіонах країн ЄС, що забезпечує безперервність перевантаження та транспортування продукції [1].

У такій конфігурації логістична ефективність визначається вже не мінімальними витратами, а здатністю системи швидко перебудовуватися під впливом зовнішніх шоків. Показовим є також зміщення пріоритетів у самій логіці функціонування логістики. Традиційній моделі з домінуванням принципу «7R» втрачають актуальність. В умовах кризи ключовим параметром стає час реагування, а витратна оптимізація відходить на другий план, що свідчить про перехід до адаптивно-ризикової моделі управління потоками.

Глобальні емпіричні дані переконливо засвідчують, що трансформація логістики має не еволюційний, а саме парадигмальний характер. Зокрема, за експертними оцінками, суттєві порушення ланцюгів постачання, тривалістю понад один місяць, виникають у середньому кожні 3,7 року, тоді як їхній сукупний економічний ефект може сягати до 45% річного прибутку компаній у довгостроковій перспективі [2]. Управління логістикою трансформується у процес роботи з високочастотними шоками, де ключовими стають швидкість адаптації, гнучкість рішень і здатність системи до самоналаштування.

Зазначений зсув уже закріплюється на рівні управлінських практик. За результатами міжнародних опитувань, понад 70% компаній здійснюють структурну перебудову ланцюгів постачання з орієнтацією не на мінімізацію витрат, а на забезпечення стійкості та відновлюваності після збоїв [3], тоді як понад 80% підприємств свідомо підвищили рівень запасів як інструмент страхування від невизначеності [4]. Така поведінка є показовою з точки зору зміни критеріїв раціональності - формування резервів, диверсифікація постачальників і дублювання маршрутів, які в межах класичної логістики розглядалися як неефективні, у новій парадигмі стають економічно виправданими рішеннями, спрямованими на зниження системних ризиків. Ускладнення логістичних систем супроводжується зростанням інформаційної невизначеності. За даними галузевих досліджень, лише близько 50-55% компаній мають доступ до повних і якісних даних для управління ланцюгами постачання [5], що обмежує можливості точного прогнозування і посилює роль сценарного аналізу та адаптивного управління.

Таким чином, логістика дедалі більше набуває ознак складної адаптивної системи, в якій причинно-наслідкові зв'язки є непрямими, а результати - непропорційними впливам. Відповідно, ефективність функціонування логістичних мереж визначається не здатністю досягти оптимального стану, а можливістю підтримувати стабільність функціонування в умовах невизначеності, що остаточно закріплює перехід до адаптивно-ризикової моделі управління матеріальними та інформаційними потоками.

Список посилань:

1. Термінали на західному кордоні будують всюди, де є можливість – ринок про сухопутні шляхи експорту агропродукції. URL: <https://elevatorist.com/spetsproekt/214-terminali-na-zahidnomu-kordoni-buduyut-vsuydi-de-ye-mojlivist--rinok-pro-suhoputni-shlyahi-eksportu-agroproduktsiyi>
2. Risk, resilience, and rebalancing in global value chains. *McKinsey Global Institute*. 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains>
3. Taking the pulse of shifting supply chains. *McKinsey & Company*. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/taking-the-pulse-of-shifting-supply-chains>
4. Supply chain resilience in the era of uncertainty. *McKinsey & Company*. 2022. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-resilience-in-the-era-of-uncertainty>
5. Hofman H. Five ways to build supply chain resilience. *Maersk*. 2022. URL: <https://www.maersk.com/insights/resilience/2022/12/07/five-ways-to-build-supply-chain-resilience>

DESIGN AND OPTIMIZATION OF A HYDRANT FUELING NETWORK FOR AIRCRAFT AT KATOWICE-PYRZOWICE AIRPORT

Taras Shchur, PhD, State Biotechnological University, Ukraine

Sławomir Kubasa, Silesian University of Technology, Poland

The dynamic growth of air transport and increasing requirements related to operational efficiency, safety, and environmental protection necessitate continuous modernization of airport fuel infrastructure. One of the key elements of this infrastructure is the aircraft fueling system, whose reliability and performance directly affect aircraft turnaround time and airport capacity. This article presents the concept of designing and optimizing a hydrant fueling network for aircraft at Katowice-Pyrzowice Airport, developed on the basis of an engineering thesis. The study discusses the current state of the airport's fuel infrastructure, a logistical analysis of existing tanker-based fueling methods, and the main design assumptions of the proposed hydrant system. The potential benefits of implementing a stationary pipeline-based fueling network are analyzed, including reduced ground handling time, improved operational safety, lower operating costs, and decreased environmental impact.

The continuous development of air transport, combined with increasing passenger and cargo volumes, places growing demands on airport infrastructure. Ground handling processes must be optimized to ensure high operational efficiency, safety, and compliance with environmental regulations. Among these processes, aircraft fueling plays a critical role, as it directly influences aircraft turnaround time and apron throughput.

Katowice-Pyrzowice Airport is one of the most important airports in southern Poland, characterized by dynamic growth, particularly in charter and cargo traffic. Currently, aircraft fueling operations at the airport are primarily based on road tanker trucks. While this solution offers flexibility, it becomes increasingly inefficient and costly as traffic intensity rises. For airports with high fuel uplift volumes, stationary hydrant fueling systems are widely recognized as a more efficient and safer alternative [1].

The aim of this article is to present the concept of a hydrant fueling network designed for Katowice-Pyrzowice Airport and to assess its impact on operational efficiency, safety, and sustainability of airport fuel logistics.

At present, the fuel supply system at Katowice-Pyrzowice Airport relies on deliveries of Jet A-1 aviation fuel by road tankers from external fuel depots. Aircraft are fueled directly on the apron using tanker trucks of various capacities. The entire process is conducted in accordance with international standards, including Joint Inspection Group (JIG) guidelines and IATA recommendations, which define strict procedures for fuel quality control, grounding, and fire safety [2].

Time analysis of the fueling process indicates that the total duration of fueling a single narrow-body aircraft, including tanker positioning, preparation, fuel transfer, and post-fueling checks, typically ranges from 45 to 60 minutes. In addition, the logistics of fuel supply to the airport involve long transport cycles, often exceeding three hours per tanker, which increases operational complexity and costs [3].

As air traffic volume increases, the tanker-based system generates intensive heavy vehicle traffic on airport service roads. This leads to higher fuel consumption, increased emissions, elevated risk of incidents, and greater wear of infrastructure. Consequently, the existing fueling model constitutes a significant limitation to further development of airport operations and capacity.

The proposed hydrant fueling network is designed as an integrated system of underground pipelines, hydrant pits, pumping stations, and control and safety systems, enabling direct fuel delivery from a storage facility to aircraft parking stands. The primary objective of the design is to replace or supplement the current tanker-based system with a more efficient and reliable solution.

A key design assumption is the construction of a looped pipeline network surrounding the main passenger and cargo aprons. Such a configuration allows for system sectionalization, increasing operational reliability and enabling maintenance works without disrupting airport

operations. Hydrant pits are located at selected aircraft stands, allowing fueling operations to be carried out using dispenser vehicles that do not transport fuel but only connect the hydrant system to the aircraft.

An important element of the concept is the integration of the hydrant network with the newly developed Multimodal Cargo and Fuel Transshipment Hub at Katowice-Pyrzowice Airport. This hub includes a fuel storage facility and a rail siding, enabling fuel deliveries by rail. The use of rail transport significantly reduces dependence on road transport and contributes to lower greenhouse gas emissions [4]. Moreover, the system is designed to be compatible with sustainable aviation fuels (SAF), supporting long-term decarbonization strategies in aviation [5].

Implementation of a hydrant fueling network offers substantial improvements in ground handling efficiency. Fueling operations using hydrant dispensers are faster and more predictable, as they eliminate the need for tanker dispatch and repositioning. This results in shorter aircraft turnaround times and increased apron capacity, which is particularly important for airports experiencing rapid traffic growth.

From a safety perspective, the hydrant system ensures stable fuel flow parameters and reduces the risk of human error associated with frequent tanker operations. Advanced leak detection systems, automatic shut-off valves, and continuous monitoring significantly enhance fire safety and environmental protection. The reduction in heavy vehicle traffic on the apron further improves overall operational safety [6].

Environmental benefits include reduced fuel consumption by ground vehicles, lower emissions of exhaust gases, and decreased risk of soil and groundwater contamination. Integration with rail-based fuel supply and readiness for SAF handling further strengthens the environmental performance of the proposed system. Economic analyses presented in the engineering thesis indicate that although the initial investment costs of a hydrant system are high, long-term operational savings are significant. Reduced operating costs, improved efficiency, and enhanced safety result in favorable life-cycle cost performance compared to tanker-based fueling systems [7].

Conclusion. The conducted analysis confirms the technical, operational, and economic justification for implementing a stationary hydrant fueling network at Katowice-Pyrzowice Airport. The proposed solution addresses current logistical limitations and aligns with the airport's long-term development strategy. The hydrant fueling system enables shorter ground handling times, improved safety of fueling operations, and reduced environmental impact. Integration with a multimodal fuel supply hub creates a resilient and future-proof fuel logistics system, capable of supporting sustainable aviation fuels and meeting future regulatory requirements.

The results demonstrate that investment in modern fuel infrastructure is a key factor in ensuring the continued growth, competitiveness, and sustainability of Katowice-Pyrzowice Airport in the evolving air transport market.

References:

1. Ashford, N., Mumayiz, S., Wright, P. *Airport Engineering: Planning, Design, and Development of 21st Century Airports*. Wiley, 2011.
2. Joint Inspection Group (JIG). *JIG Standards for Aviation Fuel Quality Control and Operating Procedures*, 2023.
3. Kubasa, S. *Design and Optimization of a Hydrant Fueling Network for Aircraft at Katowice-Pyrzowice Airport*. Engineering Thesis, Silesian University of Technology, 2026.
4. Burdon, R., Shorey, T. *Beyond the Horizon: Innovations in Aviation Engine Technology*. Global Aerospace, 2024.
5. Huang, Z. *Electric and Hybrid-Electric Aircraft Propulsion Systems: Development, Difficulties and Opportunities*. Theoretical and Natural Science, 2023.
6. de Neufville, R., Odoni, A. *Airport Systems: Planning, Design, and Management*. McGraw-Hill, 2013.
7. IATA. *Guidance Material on Aircraft Fueling Systems and Infrastructure*. International Air Transport Association, 2022.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АГРОПРОДУКЦІЇ

Городецька Т. Е., к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Пенкіна О.Є., старший викладач

Український державний університет залізничного транспорту

INCREASING THE EFFICIENCY OF RAILWAY TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Gorodetska T. E., Candidate of Economics Science, Docent

State Biotechnological University

Penkina O. E., senior lecture

Ukrainian state university of railway transport

Залізничний транспорт є одним із ключових елементів транспортно-логістичної системи агропромислового комплексу України, забезпечуючи перевезення значних обсягів сільськогосподарської продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. Висока провізна спроможність, економічність і можливість транспортування великих партій вантажів роблять його незамінним для аграрного сектору. В умовах воєнного стану роль залізничного транспорту суттєво зросла, оскільки обмеження функціонування морських портів і зміна логістичних маршрутів зумовили переорієнтацію значної частини експортних потоків на залізничні перевезення, що призвело до значного навантаження на інфраструктуру та виявило низку системних проблем, що потребують вирішення.

Однією з ключових проблем залізничних перевезень є обмежена пропускна спроможність залізничної інфраструктури, особливо на прикордонних переходах. Наявні транспортні вузли не завжди здатні забезпечити ефективне обслуговування зростаючих обсягів перевезень, що призводить до затримок і збільшення часу доставки. Суттєвим стримуючим фактором є також зношеність рухомого складу, зокрема вагонів-зерновозів. Недостатня кількість сучасних вагонів обмежує можливості оперативного перевезення продукції, особливо у періоди пікового навантаження. Важливою проблемою є різниця у ширині колії між Україною та країнами Європейського Союзу, що зумовлює необхідність перевантаження вантажів або використання спеціальних технологій, що, у свою чергу, збільшує тривалість логістичних операцій та їх вартість. Крім того, недостатній рівень цифровізації процесів управління перевезеннями ускладнює координацію між учасниками логістичного ланцюга, знижує прозорість операцій та обмежує можливості оптимізації маршрутів.

Перевезення зернових у 2022 «Укрзалізницею» усі учасники ринку характеризували як повний хаос, оскільки агровиробники не знали, коли зможуть відвантажити зерно, коли воно перетне кордон, коли буде доставлене до замовника. Дефіцит вагонів та їх простоювання в черзі на кордоні позбавили можливості дотримуватися термінів угод, та планувати роботу підприємства. Непрогнозованість агрологістики призвела до втрати виробниками багатьох форвардних контрактів, які неможливо укласти, не знаючи заздалегідь вартість та терміни доставки вантажу. Через це контракти на українське зерно вимушено перейшли з форвардних ринків у спотовий ринок, де товари продаються з великою знижкою. Непередбачуваність агрологістики у 2022 р. досить часто була результатом простою залізничних вагонів у величезних заторах на пунктах пропуску, які технічно не могли збільшити пропускну здатність. Тривалі простой в чергах призводили до непоодиноких випадків псування зерна, його зворотного транспортування виробнику з претензіями та штрафами. Це також призводило до витрат і без того нерентабельного зернового виробництва [1].

Збільшити пропускну і провізну спроможність залізничної інфраструктури сьогодні можливо, якщо використовувати відповідні технологічні рішення, які, як правило, не вимагають значного обсягу інвестицій. Прикладом таких рішень можуть бути: оптимізація графіка руху поїздів (наприклад, застосування частково-пакетного графіка руху), точковий дорожній розвиток та оптимізація технології роботи штовхачів, збільшення вагових норм поїздів, оптимізація технології роботи під час ремонтів. Аналіз сучасного стану залізничної інфраструктури України показав, що для забезпечення високого рівня якості, безпечності та ефективності залізничних перевезень необхідно здійснювати комплексний розвиток: будівництво головних колій, станційний розвиток, електрифікація, посилення пристроїв тягового електропостачання, модернізація СЦБ і зв'язку (наприклад, впровадження рухомих блок-ділянок) [2].

На наш погляд, підвищення ефективності залізничних перевезень агропродукції можливе за рахунок комплексного впровадження організаційних, технічних та інноваційних заходів, а саме:

по-перше, необхідною є модернізація залізничної інфраструктури, зокрема розширення пропускну спроможності ключових ділянок та розвиток прикордонних логістичних вузлів, що дозволить зменшити затримки та забезпечити безперервність транспортних потоків;

по-друге, важливим напрямом є оновлення рухомого складу, зокрема збільшення кількості спеціалізованих вагонів для перевезення агропродукції, тим самим сприятиме підвищенню ефективності використання транспортних ресурсів і зниженню витрат;

по-третє, доцільним є розвиток мультимодальних перевезень, які передбачають інтеграцію різних видів транспорту (залізничного, автомобільного, водного), що дозволяє оптимізувати логістичні ланцюги, скоротити час доставки та підвищити гнучкість транспортної системи.

Важливим напрямом є також впровадження цифрових технологій, таких як автоматизовані системи управління перевезеннями, електронний документообіг, системи моніторингу та аналітики, які забезпечують підвищення прозорості процесів, покращення планування та оперативного управління. У сучасних умовах особливої актуальності набуває адаптація залізничних перевезень до нових викликів, яка передбачає диверсифікацію маршрутів, розвиток альтернативних транспортних коридорів та підвищення стійкості логістичних систем. Важливим є також посилення безпеки перевезень, зокрема захист інфраструктури, забезпечення безпечних маршрутів та впровадження систем управління ризиками. Крім того, необхідним є розвиток міжнародного співробітництва та інтеграція транспортної системи України до європейських логістичних мереж.

Отже, підвищення ефективності залізничних перевезень агропродукції є важливим завданням, що має стратегічне значення для розвитку агропромислового комплексу України. Вирішення існуючих проблем потребує комплексного підходу, що включає модернізацію інфраструктури, оновлення рухомого складу, впровадження цифрових технологій та розвиток мультимодальних перевезень. Реалізація зазначених заходів сприятиме зниженню логістичних витрат, підвищенню конкурентоспроможності аграрної продукції та забезпеченню стабільного функціонування транспортно-логістичних систем в умовах сучасних викликів.

Список посилань:

1. Лихолат С. М., Миськів О. М. Сутність агрологістики та її сучасний стан в Україні. *Академічні візії*. 2022. Випуск 14. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10122569>
2. Стрелко О.Г., Бердниченко Ю.А., Соловійова О.С., Кравченко О.В., Дорошенко М.М. Підвищення ефективності залізничних перевезень за рахунок модернізації об'єктів залізничного транспорту загального користування. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2021. Том 32 (71). № 5. С. 279-285. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/5_2021/44.pdf

**ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ І ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ
ДОСТАВКИ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ У МЕЖАХ МІСТА**

*Войтов В.А., доктор технічних наук, професор,
Левадний О. Д., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

**ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF PACKAGED CARGO WITHIN THE
CITY BOUNDARIES**

*Vojtov V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Levadny O. D., PhD Student
State Biotechnological University*

Швидкопсувні вантажі являють собою категорію вантажів, які можуть втрачати свої якісні характеристики або погіршувати свій стан під впливом різних факторів, зокрема зміни температурного режиму чи вологості під час перевезення, збільшення тривалості доставки через затримки, а також дії динамічних навантажень у процесі транспортування. Перевезення таких вантажів потребує не лише підтримання відповідних температурних умов, але й правильного вибору виду транспорту, який найбільш ефективно забезпечить збереження продукції даної категорії.

Одним із ключових завдань транспортної галузі є забезпечення безпеки ланцюгів постачань у транспортно-логістичних системах. Особливості кожного виду вантажу обумовлюють необхідність використання спеціалізованих транспортних засобів, серед яких застосовуються автомобілі-фургони та автомобілі-рефрижератори. На території України перевезення швидкопсувної продукції переважно здійснюється саме автомобілями-фургонами.

Автомобільний транспорт належить до найбільш мобільних засобів доставки та забезпечує широкий спектр послуг при транспортуванні ковбасних виробів. Використання автомобільного транспорту дає можливість здійснювати перевезення вантажів різної маси, габаритів і об'єму, який може досягати 40 м³.

Особливе значення серед спеціалізованого автомобільного транспорту мають рефрижератори, оснащені системами регулювання температури. Такі транспортні засоби дозволяють підтримувати необхідний температурний режим для збереження вантажу незалежно від погодних умов.

Створення ефективних ланцюгів постачань ковбасних виробів потребує впровадження сучасної системи управління логістичними процесами. Це дозволяє підвищити ефективність роботи автотранспортних підприємств, які забезпечують функціонування таких ланцюгів постачань. Важливим напрямом є адаптація системи управління автотранспортних підприємств до сучасних умов ринкового середовища. Оскільки логістична діяльність є складовою управління ланцюгами постачань, удосконалення процесів управління поставками ковбасних виробів і логістичної діяльності підприємств набуває особливої актуальності та має взаємопов'язаний характер.

Одним із важливих шляхів вирішення зазначених проблем є визначення оптимального розміру замовлення у ланцюгах постачань ковбасних виробів із врахуванням транспортної складової. Реалізація такого підходу сприятиме підвищенню ефективності діяльності та збільшенню прибутковості підприємства.

Організація руху транспортних засобів під час виконання перевезень повинна забезпечувати максимальну продуктивність роботи транспорту та мінімальну собівартість перевезень. Оскільки доставка вантажів автомобільним транспортом здійснюється за задалегідь обраним маршрутом руху, що включає визначену послідовність пунктів завезення, маршрути необхідно формувати з дотриманням відповідних вимог.

Науковці та практики вважають, що маршрутизація перевезень полягає у формуванні таких схем руху транспортних засобів, які забезпечують найбільш ефективно використання пробігу автомобілів. Вибір оптимального маршруту визначається розташуванням пунктів навантаження та розвантаження, обсягом партії вантажу, а також типом транспортного засобу. Раціональна побудова маршрутів сприяє підвищенню продуктивності автомобілів, зменшенню собівартості транспортних операцій і збільшенню коефіцієнта використання пробігу.

Крім цього, застосування маршрутизації перевезень створює можливості для суттєвого підвищення ефективності роботи вантажного транспорту, скорочення кількості транспортних засобів без зменшення обсягів перевезень, а також покращення якості транспортно-експедиційного обслуговування. За таких умов вантажоодержувачі отримують можливість більш точно формувати поточні плани діяльності та забезпечувати раціональну організацію виробничих і логістичних процесів.

Раціональна маршрутизація вантажопотоків забезпечує узгоджену взаємодію всіх учасників логістичної системи. Відповідно до логістичної концепції маршрути руху необхідно формувати таким чином, щоб мінімізувати порожні пробіги транспортних засобів і забезпечити їх своєчасне повернення. У транспортній логістиці подібні завдання розв'язують на основі критеріїв мінімізації експлуатаційних витрат або зниження тонно-кілометрового пробігу.

Транспортна задача була розв'язана методом комівояжера, що дало змогу оптимізувати розвізний маршрут доставки ковбасних виробів від виробника ТОВ ХМК до торговельних точок м. Харкова. У результаті проведеної оптимізації загальна довжина маршруту зменшилася з 26,6 км до 22,3 км, а величина холостого пробігу автомобіля скоротилася з 6,2 км до 3,9 км.

Порівняння показників оптимального та вихідного маршрутів показало, що коефіцієнт використання пробігу зріс з 0,81 до 0,84. При цьому коефіцієнт використання вантажопідйомності залишився без змін і становить 1,13, оскільки маса вантажу та тип рухомого складу не змінювалися.

У результаті впровадження оптимального маршруту час перебування автомобіля на маршруті скоротився з 0,93 год до 0,85 год, що відповідає зменшенню на 9,41 %. Крім того, тривалість перебування автомобіля в наряді протягом доби знизилася з 7,83 год до 7,45 год, тобто на 5,1 %.

Виконано оцінку економії паливно-мастильних матеріалів при використанні транспортних засобів на оптимізованому маршруті. У результаті встановлено, що річне скорочення витрат палива для одного автомобіля-рефрижератора становить 24,42 %.

Отримані результати розрахунків дають підстави стверджувати, що собівартість перевезення 1 т вантажу за оптимальним маршрутом є на 17,18 % нижчою порівняно з вихідним маршрутом. Крім того, собівартість перевезення 1 т-км за оптимальним маршрутом зменшилася на 3,12 % у порівнянні з базовим варіантом.

Список посилань:

1. Давидова О.Б., Зозульов О.В. Сучасний стан ринку ковбасних виробів України: ключові тенденції та драйвери розвитку / *JEL classification: M31, L65, M21, K11*, С. 1–11.
2. Ринок м'яса та м'ясопродуктів в Україні за 2017-2019 роки Українська аграрна асоціація : веб-сайт. URL: <https://www.uagra.com.ua/uk/statti/16-rynok-miasa-ta-miasoproduktiv-vukraini-za-2017-2019-roky> (дата звернення: 19.11.2020).
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

**ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДОСТАВКИ
ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

*Кравцов А.Г., к.т.н., Клинушкова А. І., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

**OPTIMIZATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES OF DELIVERY OF
CARGO IN INTERNATIONAL COMMUNICATION**

*Kravtsov A, PhD, Klynuskovau A, bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Для сучасного економічного розвитку Україна характерним є істотне підвищення ролі транспорту як однієї з ключових галузей національної економіки. Транспортна система забезпечує безперервність процесів виробництва, розподілу та споживання матеріальних благ, формує просторові зв'язки між регіонами, сприяє мобільності населення та виступає важливим інструментом державної економічної політики. У сучасних умовах транспорт є не лише елементом інфраструктури, а й чинником економічного зростання, що визначає рівень конкурентоспроможності держави на міжнародному ринку [1; 4].

Особливого значення транспорт набуває в контексті розвитку міжнародних економічних відносин. Саме завдяки ефективному функціонуванню транспортно-логістичних систем забезпечується реалізація експортно-імпортних операцій, інтеграція у глобальні ланцюги постачання та участь у міжнародному поділі праці. Міжнародні автомобільні перевезення відіграють провідну роль у забезпеченні гнучкості та оперативності доставки вантажів, особливо на середні та короткі відстані, що робить їх незамінним елементом сучасної логістики [1].

Організація міжнародних перевезень значною мірою залежить від умов доступу до ринку транспортних послуг, які формуються під впливом як національного законодавства, так і міжнародних угод. До ключових чинників належать система міжнародних дозволів ліцензування діяльності перевізників, а також механізми квотування, що визначають обсяги перевезень між країнами. Важливе значення має також гармонізація нормативно-правової бази відповідно до європейських стандартів, що особливо актуально для України у контексті інтеграції до єдиного транспортного простору ЄС [2].

Суттєвий вплив на ефективність міжнародних перевезень мають митні процедури та організація прикордонного контролю. Тривалість оформлення вантажів, наявність бюрократичних бар'єрів, рівень автоматизації митних операцій безпосередньо впливають на швидкість доставки та загальні логістичні витрати. У сучасних умовах важливим напрямом розвитку є впровадження принципу «єдиного вікна», попереднього електронного декларування та автоматизованих систем управління ризиками, що дозволяє значно скоротити час простою транспортних засобів на кордоні [2; 4].

Водночас ефективність міжнародних перевезень значною мірою залежить від макроекономічних та політичних чинників. Рівень політичної стабільності, стан міжнародних відносин, участь країни у міжнародних транспортних організаціях і проєктах, а також інтеграція у глобальні логістичні мережі визначають можливості розвитку транспортної галузі. Розширення зовнішньоекономічних зв'язків, укладання міжнародних угод та участь у ініціативах розвитку транспортних коридорів сприяють підвищенню конкурентоспроможності національних перевізників і збільшенню транзитного потенціалу країни [2; 4; 5].

Вигідне географічне положення України у центрі Європи створює об'єктивні передумови для реалізації її транзитного потенціалу. Через територію країни проходять важливі міжнародні транспортні коридори, які забезпечують зв'язок між країнами Західної Європи, Центральної та Східної Європи, Кавказького регіону та Азії. Це відкриває широкі

можливості для розвитку транзитних перевезень, формування логістичних хабів, індустріальних парків та мультимодальних транспортних вузлів [4].

Водночас сучасні виклики, зокрема пов'язані з воєнними діями, суттєво вплинули на функціонування транспортної системи України. Відбулося переорієнтування основних транспортних потоків, зросло значення західного напрямку перевезень, активізувався розвиток прикордонної інфраструктури та альтернативних логістичних маршрутів. Це зумовило необхідність підвищення гнучкості транспортної системи, її адаптивності до змін зовнішнього середовища та стійкості до ризиків [5].

Однією з ключових проблем міжнародних перевезень є високий рівень ризиків, пов'язаних із транспортуванням вантажів. До них належать ризики фізичного пошкодження або втрати вантажу, затримки доставки, зміни умов перевезення, а також правові та фінансові ризики. У зв'язку з цим важливого значення набуває чітке визначення відповідальності сторін у договорах перевезення, а також використання сучасних інструментів управління ризиками, зокрема страхування, логістичного аудиту та моніторингу перевезень у режимі реального часу [2; 3].

Страхування вантажів є одним із найбільш поширених способів мінімізації ризиків у транспортній логістиці. Воно дозволяє компенсувати можливі збитки, однак водночас може створювати ефект «морального ризику», коли знижується рівень відповідальності перевізника за збереження вантажу. У сучасних умовах це потребує впровадження комплексних підходів до управління ризиками, що поєднують страхування, контроль якості перевезень, використання GPS-моніторингу та інших цифрових технологій [3].

Міжнародний характер перевезень зумовлює необхідність узгодження правових норм різних держав. Наявність відмінностей у законодавстві, митних процедурах та вимогах до перевезень може створювати значні бар'єри для ефективного функціонування транспортної системи. У зв'язку з цим важливого значення набуває гармонізація законодавства, уніфікація правил перевезень, а також розвиток міжнародного співробітництва у сфері транспорту і логістики. Це сприяє спрощенню процедур, зниженню витрат та підвищенню ефективності міжнародних перевезень [4]. У сучасних умовах розвитку економіки особливого значення набуває формування ефективної, інноваційної та стійкої транспортно-логістичної системи. Основними напрямками її розвитку є цифровізація логістичних процесів, впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS), розвиток мультимодальних перевезень, екологізація транспорту та підвищення енергоефективності. Важливим є також розвиток партнерства між державою та бізнесом, залучення інвестицій у транспортну інфраструктуру та інтеграція України до європейського транспортного простору [1; 4; 5].

Таким чином, транспортна система України має значний потенціал для подальшого розвитку та зміцнення своїх позицій у міжнародній транспортній мережі. Реалізація цього потенціалу потребує комплексного підходу, що включає модернізацію інфраструктури, удосконалення нормативно-правового регулювання, впровадження інновацій та підвищення ефективності управління логістичними процесами. Це дозволить забезпечити сталий розвиток транспортної галузі, підвищити її конкурентоспроможність та сприяти економічному зростанню держави.

Список посилань:

1. Смирнов І. Г., Косарева Т. В. Транспортна логістика. – Київ : Центр учбової літератури, 2023.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В. та ін. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств. – Кропивницький, 2022.
3. Смирнов І. Г., Любіцева О. О. Логістика в сфері гостинності та туризму. – Київ : Ліра-К, 2024.
4. Посібник з логістики та співробітництва громад. – Київ : USAID АГРО, 2023.
5. Логістична система України в умовах воєнних дій // Бізнес Інформ. – 2022.

ШІ-АГЕНТИ В ЛОГІСТИЦІ ТА ТРАНСПОРТІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОГНОЗИ ТА ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

Горяїнов О.М., к.т.н. Державний біотехнологічний університет

AI AGENTS IN LOGISTICS AND TRANSPORT: CURRENT STATE, FORECASTS AND REQUIREMENTS FOR SPECIALIST TRAINING

Goryayinov O, PhD State Biotechnological University (SBTU)

Рік 2026 можна охарактеризувати як рік глобального входження ШІ-агентів до різного роду систем управління. Відбувся переломний момент від контактів з інструментами ШІ до «найма на роботу» ШІ-агентів. В різних джерелах інформації наводяться приклади заміни працівників компаній на ШІ-агентів. Нерідко, перед цим триває певний період, коли працівники навчають ШІ-агентів, які потім їх замінять.

Слід зазначити, що розвиток ШІ спонукає систематизувати зміни в цій сфері. Мінцифри опублікувало рекомендації з відповідального використання систем ШІ [1]. В самій назві рекомендацій вказано «Від ШІ-асистентів до ШІ-агентів». І це підкреслює перехід на новий рівень використання ШІ. Для розуміння різниці в поняттях наведемо визначення з [1]:

Агент (у контексті ШІ, ШІ-агент) - система, що використовує велику мовну (мультимодальну) модель як когнітивне ядро, самостійно планує кроки для досягнення мети, використовує інструменти, взаємодіє із зовнішнім середовищем та виконує дії.

Асистент ШІ (ШІ-асистент, також відомий як віртуальний або цифровий асистент, копilot) - програмне забезпечення, що застосовує передові технології для надання користувачам релевантної інформації та виконання різних завдань — від здійснення дзвінків до читання текстів та інших дій.

Для розуміння місця ШІ-агентів в еволюції інструментів ШІ розглянемо три рівні (табл. 1).

Таблиця 1 - Еволюція рівнів інструментів штучного інтелекту [2-5 та ін.]

Характеристика	Чат-бот	ШІ-асистент	ШІ-агент
Ініціатива	Реактивна, за скриптом	Реактивна, на запит	Проактивна, за ціллю
Здатність до планування	Відсутня	Може запропонувати план	Самостійно будує і виконує план
Кількість кроків	Один	Діалоговий цикл без автономних дій	Багатокрокові ланцюжки дій
Виправлення помилок	Не передбачено	Новий промт від людини	Самокоригування в циклі
Пам'ять між сесіями	Відсутня	Відсутня або обмежена	Збережена, використовується
Інтеграція з системами	Обмежена	Через API вручну	Автономний виклик інструментів
Роль людини	Читає відповідь, діє сама	Оцінює результат, діє сама	Ставить ціль, контролює винятки
Взаємодія з іншими агентами	Відсутня	Відсутня	Координація в мультиагентних системах
Приклад у логістиці	FAQ-бот на сайті перевізника	Генерація звіту за запитом менеджера	Автономна переоптимізація маршруту при затримці

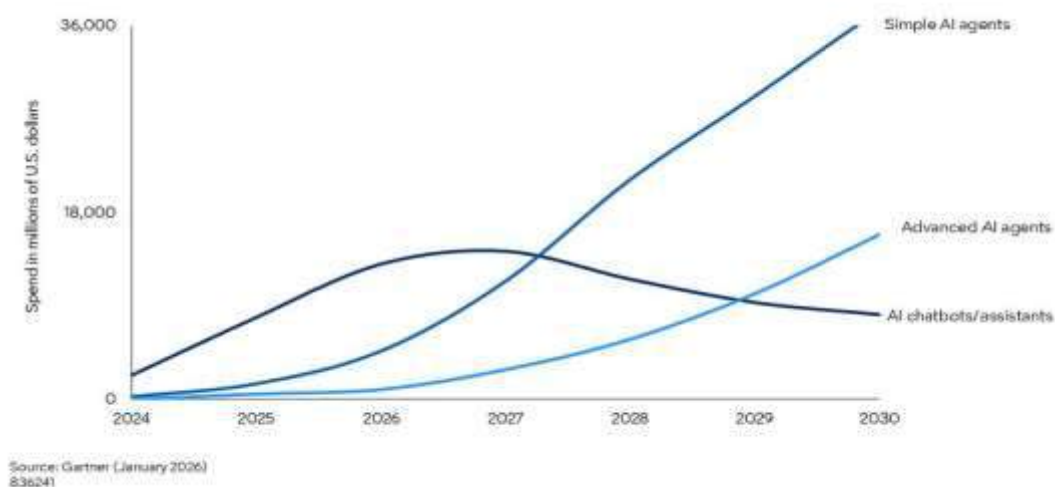
ШІ-агенти діють автономно: планують кроки, викликають зовнішні інструменти, спостерігають за результатами і коригують дії — циклічно, доки завдання не виконане [2, 3]. Це якісний стрибок, а не черговий інструмент. В логістичному аспекті проілюструємо можливості ШІ-агентів – табл.2 (на основі [6])

Таблиця 2 - Загальне порівняння ШІ-агентів з іншими технологіями (на основі [6])

Технологія	ШІ-агенти (AI agents)
Прогнозна аналітика (Predictive analytics) показує, що ймовірно станеться. Прогноз попиту, оцінка ймовірності затримки, рейтинг ризику для постачальника. Результатом є аналітика. Людина все одно вирішує, що з нею робити.	Поєднують усі три можливості в одній системі. Вони сприймають дані з кількох джерел, обґрунтовують правильну відповідь, виконують дії автономно в межах визначених меж управління, обробляють винятки без використання людських скриптів та генерують повний журнал аудиту кожного рішення.
RPA (роботизована автоматизація процесів - robotic process automation) дотримується фіксованих правил для виконання повторюваних завдань. Вона переміщує дані з однієї системи в іншу, заповнює форми, створює заплановані звіти. Вона перериває роботу в той момент, коли щось виходить за межі сценарію. Вона не може міркувати, адаптуватися або обробляти винятки.	
Помічники зі ШІ (Copilots and AI assistants) — вони можуть запропонувати наступний крок, скласти чернетку відповіді, підсумувати документ. Але вони не діють. Людина залишається вузьким місцем між рекомендацією та виконанням.	

У логістичному контексті практична різниця виглядає так: інструмент прогнозування повідомляє вам про затримку відправлення. Агент на основі штучного інтелекту виявляє затримку, перевіряє наявність альтернативних перевізників, перенаправляє замовлення, оновлює систему управління складом (WMS), повідомляє клієнта та передає запит людині лише у випадку, якщо виняток виходить за межі затвердженої області прийняття рішення [6].

Аналітичні прогнози провідних компаній свідчать про стрімке розширення ролі агентного ШІ. За прогнозом Gartner, витрати на SCM-програмне забезпечення з можливостями агентного ШІ зростуть з менш ніж 2 млрд дол. у 2025 році до 53 млрд дол. до 2030 року. При цьому частка підприємств, що застосовують агентний ШІ в SCM-системах, зросте з 5% у 2025 році до 60% до 2030 року [7] – рис.1.



Gartner

Рис. 1 - Прогноз агентного ШІ в програмному забезпеченні SCM, 2024-2030 роки [7]

У 2026 році виокремлюються сім ключових тенденцій, що визначають напрями трансформації логістичних систем під впливом ШІ-агентів (табл. 3)

Таблиця 3 - Ключові тенденції застосування агентного ШІ в логістиці (на основі [8])

Тенденція	Сутність	Очікуваний ефект
1. Автономне прийняття рішень	ШІ-агенти самостійно перебалансують запаси, перенаправляють вантажі та коригують замовлення без ручного втручання	Скорочення часу реакції на збої з годин до хвилин
2. Мультиагентна співпраця	Спеціалізовані агенти закупівель, логістики, виробництва та фінансів взаємодіють і узгоджують пріоритети в реальному часі	Наскрізна оптимізація всього ланцюга постачань
3. Безперервна оптимізація в реальному часі	ШІ-агенти моніторять живі потоки даних і превентивно коригують плани до ескалації проблем	Зниження рівня браку запасів і операційних витрат
4. Управління ризиками постачальників	Агенти аналізують фінансові сигнали, геополітичні події та новинний сентимент для оцінки ризиків у ланцюзі постачань	Завчасне виявлення збоїв і автоматичне переключення на альтернативних постачальників
5. Людино-машинна співпраця	ШІ виступає «цифровим копілотом»: пояснює рішення, пропонує альтернативи та ескалує виняткові ситуації до людини	Підвищення якості рішень і зниження навантаження на персонал
6. Вбудоване управління та відповідність	Засади відповідального ШІ (прозорість, аудитабельність, дотримання регуляторних вимог) інтегруються безпосередньо в агентів	Зниження регуляторних ризиків при масштабуванні автономії
7. Платформний підхід до впровадження	Перехід від разових проєктів до масштабованих платформ на основі цифрових двійників і мультиагентних систем	Скорочення часу виходу на ROI та зниження сукупної вартості володіння

Наведені тенденції відображають системний зсув від реактивної автоматизації до проактивного автономного управління. Критичним чинником успіху залишається баланс між рівнем автономії агентів і збереженням людського контролю — особливо в умовах невизначеності та регуляторного тиску.

Розвиток технологій ШІ і використання в логістиці розширює термінологічний апарат. Все більш поширеним стає термін «оркестрація». Можна зустріти такі комбінації: multi-agent orchestration, supply chain orchestration, autonomous orchestration in supply chain management, strategic and autonomous orchestration of AI for supply chains.

Приклад оркестрованих автономних дій: після виявлення та оцінки проблеми ланцюжок агентів виконує послідовність завдань. Один агент ініціює перенаправлення маршруту, інший взаємодіє з перевізником, третій оновлює дані у WMS/TMS. При цьому рівень оркестрації забезпечує виконання цих завдань у визначеній послідовності або паралельно — залежно від потреби [9].

На основі [10] проілюструємо поняття оркестрації з додаванням логістичного змісту – рис.2.

Важливим питанням є ефективність використання ШІ-агентів в логістиці (агентних систем). Це тема окремих досліджень. Як приклад, можна запропонувати коефіцієнт агентної системи (агентної оркестрації) як відношення = (Операційна цінність рішення) / (Вартість токенів + Енергетичні витрати + Витрати людського нагляду)

III-оркестрація (AI orchestration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Координація багатокрокових робочих процесів між моделями, інструментами та станами 2. Фокусується на сервісах, а не на автономних агентах 3. Диспетчерський центр із жорстким розкладом: отримав замовлення → призначив маршрут → надіслав підтвердження. Кожен крок прописаний, відхилень не передбачено 4. TMS-система автоматично призначає маршрут за заздалегідь заданими правилами. Якщо правило не спрацювало — процес зупиняється
Мультиагентні системи (Multi-agent systems)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сукупність агентів, що можуть взаємодіяти та співпрацювати 2. Описує самих агентів, а не рівень управління ними 3. Команда незалежних спеціалістів: митний брокер, менеджер з перевізників, складський логіст — кожен є профі, але єдиного керівника немає, дії можуть дублюватися або суперечити одне одному 4. Окремі III-агенти: один моніторить статус контейнерів, інший відстежує затримки, третій перевіряє документи — але без координації між собою
Оркестрація III-агентів (AI agent orchestration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рівень управління та виконання, що координує множину агентів 2. Додає управління станом, виконання політик і людський контроль (HITL) 3. Операційний директор із командою спеціалістів: при збої в порту він миттєво розподіляє завдання між митником, диспетчером і менеджером із перевізників — узгоджено, з чіткою відповідальністю. Критичне рішення — до керівництва 4. Оркестратор отримує сигнал про зміщення контейнера і координує: агент моніторингу аналізує, агент перепланування шукає альтернативу, агент комунікації сповіщає перевізника. За потреби — ескалація до людини
Протокол контексту моделі (Model Context Protocol (MCP))	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стандартизована мова для забезпечення узгодженого контексту між агентами 2. Забезпечує безпечний спосіб комунікації мовних моделей із застосунками, зовнішніми даними та сервісами 3. CMR-накладна: єдиний стандартизований документ, який розуміють усі учасники міжнародного перевезення — водій, митниця, склад, отримувач — незалежно від країни та мови 4. Єдиний протокол, через який III-агент звертається до WMS, TMS, ERP та митних баз — замість окремого «перекладача» для кожної системи

Позначення: 1 - Що означає, 2 - Чим відрізняється, 3 - Людська аналогія (логістика), 4 - III-еквівалент (логістика)

Рис.2 - Суміжні поняття оркестрації та агентських систем III і логістичний контекст (на основі [10])

Описані тенденції мають прямі наслідки для системи підготовки фахівців з логістики і транспорту. Попит на фахівців з III та автоматизації в логістиці очікується зростання більш ніж на 40% протягом наступних п'яти років [11]. Деякі ключові посади, що розвиваються завдяки впровадженню штучного інтелекту в галузі логістики наведено в табл. 4

Ці посади підкреслюють потребу в гібридних наборах навичок, які поєднують знання логістики з володінням штучним інтелектом, навичками кодування та аналізу даних, що знаменує собою відхід від суто ручних логістичних ролей минулого [11].

Висновки

1. III-агенти є якісно новим рівнем розвитку інструментів штучного інтелекту порівняно з III-асистентами: вони діють автономно, виконують багатокрокові задачі і самокоригуються — без постійної участі людини.

2. Відбувається принципова зміна парадигми інтеграції: III перестає бути зовнішнім інструментом і вбудовується безпосередньо в логістичні системи управління.

3. Прогнози свідчать про стрімке зростання: частка підприємств, що застосовують агентний III в SCM, зросте з 5% до 60% до 2030 року. Темп розвитку технології настільки високий, що оцінки можливостей агентів, зроблені навіть 3–6 місяців тому, можуть бути суттєво застарілими.

4. Підготовка фахівців з логістики і транспорту потребує системного перегляду освітніх програм з акцентом на цифрові компетенції, розуміння агентних систем і здатність працювати в парі з автономними III-інструментами.

Таблиця 4 - Нові посади в логістиці, зумовлені впровадженням ШІ (на основі [11])

Посада	Ключові обов'язки	Необхідні компетенції
Аналітик ланцюга постачань на основі ШІ (AI Supply Chain Analyst)	Використання великих даних та інструментів ШІ для прогнозування попиту та оптимізації запасів	Наука про дані, машинне навчання, аналітика даних
Спеціаліст з роботизованої автоматизації процесів (RPA Specialist)	Проектування та управління автоматизованими робочими процесами для усунення повторюваних завдань	RPA-технології, програмування, автоматизація бізнес-процесів
Архітектор ШІ-систем у логістиці (Logistics AI Systems Architect)	Розробка архітектури платформ логістики на базі ШІ	Знання логістичних операцій та ШІ-технологій, системне проектування
Координатор автономних транспортних засобів (Autonomous Vehicle Coordinator)	Розгортання та моніторинг безпілотних транспортних засобів і дронів для доставки	Робототехніка, ШІ, нормативно-правове регулювання автономного транспорту
Менеджер з етики та відповідності ШІ (AI Ethics and Compliance Manager)	Забезпечення відповідності ШІ-систем етичним нормам і правовим стандартам у логістиці	Етика ШІ, право, управління ризиками, прозорість ланцюга постачань

Список посилань:

1. Доручить рутину штучному інтелекту: як безпечно працювати з ШІ-асистентами та агентами (15.04.2026) <https://thedigital.gov.ua/news/shtuchnyy-intelekt/doruchit-rutynu-shtuchnomu-intelektu-ia-Bezpechno-pratsiuvaty-z-shi-asystentamy-ta-ahentamy> - 11.05.2026
2. Agentic AI, explained / MIT Sloan Management Review. — 18.02.2026. — <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/agentic-ai-explained> - 11.05.2026
3. What is Agentic AI? / Agentic.ai. — 11.05.2026. — URL: <https://agentic.ai/what-is-agentic-ai> - 11.05.2026
4. AI Agents vs. AI Assistants / Appsmith Blog. — 16.04.2025. — <https://www.appsmith.com/blog/ai-agents-vs-assistants> - 11.05.2026
5. AI Agents Explained: Everything You Need to Know in 2025 / Apideck. — 05.05.2026. — <https://www.apideck.com/blog/ai-agents-explained-everything-you-need-to-know-in-2025> - 11.05.2026
6. Sarfraz Nawaz. AI Agents in Logistics & Supply Chain: Use Cases & ROI 2026 / Ampcome. — 05.05.2026. — <https://www.ampcome.com/post/ai-agents-in-logistics-and-supply-chain> - 11.05.2026
7. Gartner Forecasts Supply Chain Management Software with Agentic AI Will Grow to \$53 Billion / Gartner. — 07.05.2026. — <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2026-04-07-gartner-forecasts-supply-chain-management-software-with-agentic-ai-will-grow-to-53-billion-in-spend-by-2030> - 11.05.2026
8. Agentic AI In Supply Chain: 7 Trends For 2026 / Prolifics. — 09.02.2026. — <https://prolifics.com/usa/resource-center/blog/agentic-ai-in-supply-chain> - 12.05.2026
9. What is multi-agent orchestration in supply chains?. Project44. <https://www.project44.com/resources/what-is-multi-agent-orchestration-in-supply-chains/> - 12.05.2026
10. What is AI agent orchestration?. — 22.04.2026. <https://github.com/resources/articles/what-is-ai-agent-orchestration> - 13.05.2026
11. 2026 AI, Automation, and the Future of Logistics Degree Careers / Research.com. — 11.05.2026. — <https://research.com/advice/ai-automation-and-the-future-of-logistics-degree-careers> - 12.05.2026

**ПОВЕДІНКА ВОДІЇВ У КОНФЛІКТНИХ ЗОНАХ
ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Прасоленко О.В., к.т.н.

Національний університет «Львівська політехніка»

**DRIVERS' BEHAVIOR IN THE CONFLICT AREAS OF TRANSPORT
INFRASTRUCTURE**

Prasolenko O., PhD, Lviv Polytechnic National University

Організація руху транспортних потоків у містах потребує високого рівня впорядкування та належного забезпечення безпеки дорожнього руху, у чому транспортна інфраструктура відіграє ключову роль. Аналіз співвідношення кількості дорожньо-транспортних пригод і чисельності транспортних засобів у міському середовищі свідчить про необхідність упровадження ефективних заходів з організації та регулювання дорожнього руху, передусім у конфліктних зонах транспортної інфраструктури. Під такими зонами доцільно розуміти ділянки, у межах яких водій не може уникнути дорожньо-транспортної пригоди без виконання маневру або екстреного гальмування. За таких умов у процесі маневрування чи гальмування виникають критичні поздовжні та поперечні прискорення, що зумовлюють формування конфліктної ситуації. Встановлено наявність тісного кореляційного зв'язку між кількістю конфліктних ситуацій і кількістю ДТП, що дає підстави використовувати цей показник для оцінювання умов руху та ідентифікації небезпечних ділянок транспортної інфраструктури [1].

Динамічний характер дорожньої обстановки та висока швидкість зміни параметрів транспортного потоку часто зумовлюють дефіцит часу на сприйняття, оброблення інформації та реагування. За таких обставин навіть короткочасне відволікання уваги може призвести до виникнення потенційно небезпечної ситуації. Оцінювання ступеня небезпеки таких ситуацій доцільно здійснювати на основі натурних досліджень із застосуванням спеціалізованої апаратури. Зокрема, інформативними є показники електрокардіограми водія, шкірно-гальванічної реакції, руху очей, а також дані трекерів, що фіксують швидкість, прискорення, уповільнення, траєкторію руху та інші параметри транспортного засобу. Комплексне використання зазначених показників дає змогу виявляти зміни частоти серцевих скорочень, амплітуди шкірно-гальванічної реакції, рівня концентрації уваги та траєкторії руху безпосередньо перед виникненням небезпечної ситуації в елементах транспортної інфраструктури. Крім того, така взаємодія супроводжується значними психічними та фізичними витратами, що негативно впливає на ефективність керування транспортним засобом. У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є зниження зазначених витрат та формування таких умов функціонування транспортної інфраструктури, за яких водій зможе реалізовувати цілеспрямовану діяльність найбільш ефективно. Досягнення цього можливе завдяки раціональному вибору параметрів транспортної інфраструктури, які охоплюють як характеристики дорожньої мережі, так і параметри транспортних потоків з контрольованим рівнем ризику.

Висновки: Дослідження поведінки водіїв у конфліктних зонах транспортної інфраструктури дозволить визначити напрямки удосконалення умов руху з метою зменшення кількості помилок водіїв та підвищення рівня безпеки руху.

Список посилань:

1. Prasolenko, O., Lobashov, O., Bugayov, I., Gyulyev, N., & Filina-Dawidowicz, L. (2019, June). Designing the conditions of road traffic in the cities taking into account the human factor. In 2019 6th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS) (pp. 1-8). IEEE.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ

*Дубровський Е. О., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF PERISHABLE GOODS

*Dubrovskiy E. O., Student
State Biotechnological University*

У комерційній діяльності перевезення товарів здійснюється автомобільним, залізничним, водним, повітряним та гужовим транспортом. Автомобільний транспорт використовують для перевезення вантажів переважно на короткі відстані. Для цих цілей служать автомобілі, автомобілі-тягачі, причепа та напівпричепа.

У свою чергу найважливішим елементом системи товаропостачання є транспортування товарів. Розрізняють транспортний рухомий склад за різними критеріями. Зокрема, В.К. Памбухчіянц виділяє транспорт загального призначення, який включає в себе автомобілі та причепа з універсальними відкритими кузовами та бортами, що відкидаються, а також спеціалізований. Останній включає автомобілі та причепа з кузовами, пристосованими для перевезення спеціальних вантажів, наприклад, молоковози, машини для перевезення живої риби та ін.

Значення транспорту для економіки України, що займає перше місце з транспортування у світі, важко переоцінити, оскільки він пов'язує всі галузі економіки воедино, забезпечує умови для розвитку виробництва, сприяє розвитку міжгалузевих і міжрегіональних зв'язків.

У комерційної діяльності від транспорту багато в чому залежить як швидкість доставки товару споживачам, а й безпеку, якість, і навіть витрати на перевезення, які займають велику питому вагу у витраті.

Висока оперативність, надійність та стабільність доставки товарів з пунктів виробництва до пунктів розподілу та споживання з мінімальними витратами, а також без втрат кількості та якості цих товарів є першорядною умовою ефективної комерційної діяльності.

Товари, що швидко псуються, перевозять залізничним холодильним транспортом. Для цієї мети використовують вагони-льодовики, вагони-рефрижератори, 5 та 12 вагонні секції рефрижераторів, 21- та 23 вагонні потяги-рефрижератори, а також спеціальні ізотермічні вагони для перевезення молока, виноградних вин та живої риби.

На залізничному транспорті вантажі можуть перевозитися у вигляді повагонних відправок, контейнерів або збірних вагонів.

Повагонною відправкою вважається відправка вантажу, під перевезення якого надається окремий вагон за одним перевізним документом.

При контейнерних відправках використовують контейнери брутто масою від 3 до 24 т.

У збірних вагонах перевозять вантажі дрібними малотоннажними відправками за різними перевізними документами.

Призначений для перевезення вантаж має бути належним чином підготовлений до транспортування. Тоді й упаковка має відповідати вимогам стандартів для даного виду товару. Відправницьке маркування має передбачати найменування вантажоодержувача та вантажовідправника, станції відправлення та призначення. На вантажі наносять спеціальні підписи та знаки, які попереджають про запобіжні заходи.

На кожен відправку відправникам вантажу заповнюється накладна, яка є основним перевізним документом.

Вагони, завантажені засобами залізниці, вирушають за їх пломбами. Якщо товар відправлений по масу відправника, він і пломбує транспортний засіб.

При встановленні ушкодження, і навіть інших порушень, одержувач вантажу зобов'язаний вимагати від станції складання комерційного акта, оскільки за відсутності його відправник несе відповідальності за збитки, які одержувач міг би стягнути з залізниці.

Розвиток міжнародної торгівлі, а також економічного співробітництва між країнами, вимагає адекватного розвитку транспорту, і у зв'язку з цим він стає найважливішим додатковим джерелом валютних надходжень у країнах - експортерах транспортних послуг.

На жаль, непродумане здійснення економічних реформ в Україні завдало серйозної шкоди транспортній галузі.

Обсяг вантажів, що перевозяться, через різке падіння виробництва у всіх галузях економіки істотно скоротився, а це призвело до розвалу багатьох транспортних організацій. Становище посилила безконтрольна приватизація, що дозволила розтравити такі ласі шматочки, якими є транспортні засоби.

Через війну торгові підприємства втратили транспортного обслуговування, і з них стало здійснювати перевезення товарів стихійно, за низького рівня використання транспортних засобів, а найчастіше і за низькою якості транспортного процесу.

У торгівлі як сфері товарного звернення виконує великий комплекс різних процесів і операцій.

Технологічні процеси пов'язані з рухом товару як споживчої вартості та є продовженням процесу виробництва у сфері обігу [1].

Чільне місце у цих процесах займає транспортування товарів, оскільки їх продаж не може бути здійснено без переміщення від одного власника до іншого, як правило, від товаровиробника до споживача.

У комерційній діяльності перевезення товарів здійснюється автомобільним, залізничним, водним, повітряним та гужовим транспортом.

Автомобільний транспорт використовують для перевезення вантажів переважно на короткі відстані. Для цих цілей служать автомобілі, автомобілі-тягачі, причепа та напівпричепа. Для виконання нетранспортних робіт застосовують спеціальний рухомий склад (автокрани та ін.) [2].

Дослідження показало, що вдосконалення вантажних перевезень є однією з актуальних проблем комерційної діяльності, оскільки від якості транспортного обслуговування багато в чому залежить оперативність доставки товарів, їх збереження, а найголовніше витрати на перевезення, що є складовою частиною витрат звернення.

Руйнування системи централізованої доставки товарів у торгівлі підприємства породило низку проблем у комерційній діяльності.

Серед них необхідність придбання транспортних засобів кожним магазином, а це дорога акція. Положення ускладнюється вкрай низьким рівнем використання машин у магазинах, відсутністю у них ремонтної бази і як наслідок цього – високим рівнем витрат на перевезення товарів.

Завезення товарів здійснюється переважно на основі складської форми, а транзитний метод застосовується меншою мірою, хоча він прискорює обіг товарів, знижує їх втрати та скорочує витрати обігу.

Список посилань:

1. Voitov, A., Karnaukh, M., Berezhna, N., Kryvenko, L., & Muzylyov, D. (2024, November). Urban Traffic Flow Sustainability Assessment Due to Dynamic Changes in Influential Factors. In International Scientific Conference Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort (pp. 99-110). Cham: Springer Nature Switzerland.

2. Войтов, В. А., Кравцов, А. Г., Войтов, А. В., Бережна, Н. Г., Сисенко, І. І., Кривенко, Л. Ф., & Бабарика, І. Г. (2024). Концепція оцінки ергономічної стійкості транспортного потоку великих міст з урахуванням динамічності зміни впливових факторів.

ДОСВІД НОВОЇ ПОШТИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПОШТОМАТІВ

Молчанова В.А., здобувачка вищої освіти, гр. Т-46-22

Любий Є.В., зав. каф. транспортних систем і логістики, к.т.н., доц.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

THE EXPERIENCE OF NOVA POSTA WITH THE USE OF PARCEL LOCKERS

Molchanova Veronika, Student, gr. T-46-22

Liubiy Yevhen, Head of the Department of Transport Systems and Logistics, PhD, As. Prof.

Kharkiv National Automobile and Highway University

Наразі поштомати та посилові пункти є важливими альтернативними каналами доставки посилок, доступними для споживачів. Поштомот – це автоматизований контейнер, у якому одержувачі можуть забрати замовлені ними посилки [1, 2]. Українськими лідерами щодо розповсюдження мережі поштомотів є «Нова Пошта» та «Укрпошта», а перші поштомати почали з'являтися в 2014 році [1].

Починаючи з 2020 року «Нова пошта» зосередила особливу увагу на розвитку мережі поштомотів. Поштомати почали встановлювати у торговельно-розважальних центрах, супермаркетах, магазинах і у під'їздах житлових будинків [1]. На рис. 1 наведено динаміку зміни кількості відділень і поштомотів у період з січня по липень 2022 року.

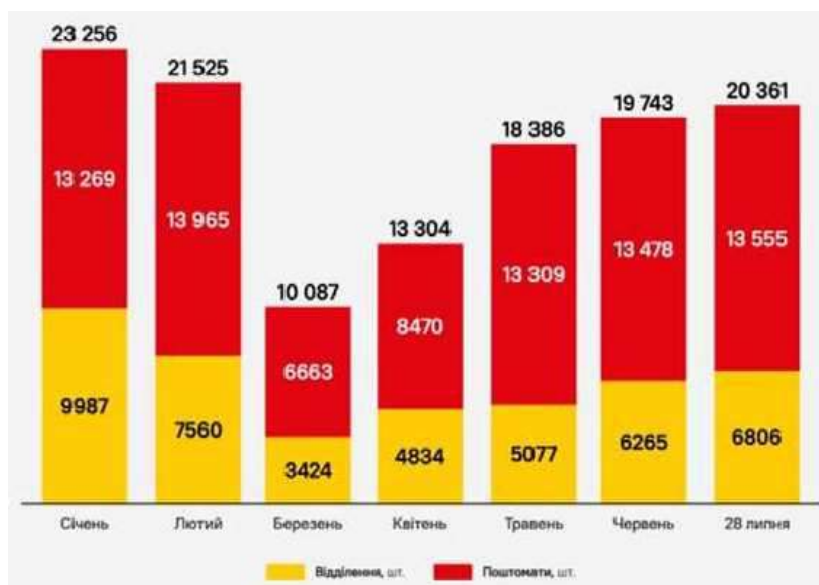


Рис. 1. Тенденції зміни кількості робочих точок «Нова Пошта» у 2022 році [1, 3]

На початку 2022 року компанія мала найбільшу кількість точок – 23256, із них 9987 відділень і 13269 поштомотів. У лютому спостерігається незначне зменшення загальної кількості точок до 21525. Найбільше скорочення відбулося у березні – до 10087 точок, що пов'язано з початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну. Починаючи з квітня, мережа поступово відновлюється, кількість відділень і поштомотів зростає щомісяця. У липні 2022 року показники досягли 20361 точки, що свідчить про активне відновлення роботи «Нової пошти» та її здатність швидко адаптуватися до складних умов [4]. Станом на 6 жовтня 2025 року кількість поштомотів «Нова Пошта» сягнула понад 30600 одиниць [5].

Поштомати стають ключовою частиною стратегії компанії «Нова Пошта». Компанія заявляє, що якщо раніше через поштомати проходило менше ніж 10 млн відправлень на рік, то наразі вже близько 46 млн відправлень і до кінця 2026 р. планується довести цей показник до 100 млн доставок. Компанія планує інвестувати близько 1 млрд грн. на розвиток мережі

поштоматів. Поштомати значно дешевші в експлуатації порівняно зі звичайними відділеннями, що дає змогу швидко масштабувати мережу, зокрема у менш населених пунктах та житлових районах [5].

Зростання мережі точок сервісу продовжується навіть у прифронтових регіонах: за 2024 рік було відкрито 1214 точок сервісу у таких регіонах (найбільше у Харківській, Дніпропетровській та Запорізькій областях).

Найбільше поштоматів «Нова Пошта» у Києві – 10216, на другому місці Харків – 6045, далі Одеса – 2358, Львів – 2902, Дніпро – 2300. Для більш детального аналізу розвитку мережі поштоматів «Нова Пошта» в Україні доцільно розглянути їх розподіл у розрізі великих міст. На рис. 2 наведено кількість поштоматів «Нова Пошта» у найбільших містах України станом на 2025 рік [6].

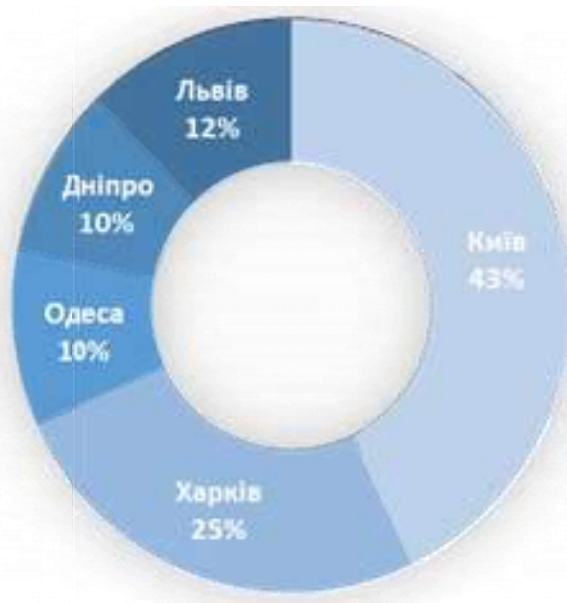


Рис. 2 – Кількість поштоматів «Нова Пошта» у найбільших містах України станом на 2025 рік

Наявність інформації про кількість поштоматів і площу міст з'являється можливість визначення щільності розташування поштоматів на території міста, яка визначається як відношення кількості поштоматів до площі міста (од./км²), результати представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Щільність покриття території міст поштоматами «Нова Пошта» (2025 р.)

Місто	Поштомати, од.	Площа, км ²	Щільність, од./км ²
Київ	10216	839	12,17
Харків	6045	350	17,27
Львів	2902	182	15,94
Одеса	2358	162	14,55
Дніпро	2300	405	5,68

Найвищу щільність поштоматів зафіксовано у Харкові та Львові. Це свідчить про те, що в цих містах інфраструктура розміщена найбільш компактно. Попри те, що у Харкові приблизно на 4000 поштоматів менше, ніж у Києві, відносно невелика площа міста забезпечує вищу насиченість мережі.

Хоча й столиця має найбільшу кількість поштоматів, за рівнем щільності вона посідає лише четверте місце, незначно поступаючись Одесі. Причина полягає у великій території

Києва, до якої входять лісопаркові зони (Голосіївський ліс, Пуща-Водиця), промислові території та акваторія Дніпра – тобто місця, де встановлення поштоматів є неможливим або недоцільним. Водночас у житлових районах міста фактична щільність поштоматів значно вища.

Дніпро демонструє найнижчий показник щільності поштоматів серед п'яти найбільших міст України. Такий результат можна пояснити двома основними чинниками: по-перше, місто має велику площу, що «розмиває» показник щільності, по-друге, рівень насиченості мережею поштоматів тут справді нижчий, ніж у інших містах, що свідчить про наявність значного потенціалу для подальшого розвитку та розширення інфраструктури.

Висновки:

1. Поштомати є важливим елементом розвитку логістики «останньої милі» в Україні та ефективною альтернативою традиційним відділенням. Активне зростання мережі, особливо після 2020 року, свідчить про зміну споживчих уподобань і підвищення попиту на швидкі та безконтактні способи отримання відправлень.

2. Аналіз динаміки розвитку мережі «Нової пошти» у 2022 році продемонстрував її високу стійкість до кризових умов: попри значне скорочення кількості точок у березні, компанія змогла швидко відновити інфраструктуру та забезпечити подальше зростання.

3. Порівняльний аналіз розміщення поштоматів у найбільших містах України показав, що рівень забезпеченості визначається не лише загальною кількістю пристроїв, але й територіальними особливостями міст. Найвищу щільність зафіксовано у Харкові та Львові, що свідчить про більш компактне та ефективне розміщення мережі. Водночас у містах із великою площею, зокрема у Дніпрі, спостерігається нижчий рівень насиченості, що вказує на наявність потенціалу для подальшого розвитку.

4. Загалом поштомати демонструють високу економічну ефективність, масштабованість та адаптивність до сучасних умов, що робить їх перспективним напрямом розвитку логістичної інфраструктури в Україні.

Список посилань:

1. Даценко Д.Р. Поштомати – як ефективний спосіб вирішення проблеми останньої милі доставки в Україні. *Вісник Національного транспортного університету*. 2023. 1(55). С. 98-107. DOI: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2023-1-55-098-107>.

2. Жарська І.О., Хачірова Ю.С. Партнерство «Нової Пошти» з українськими бізнесами: оптимізація процесів доставки «останньої милі». *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2024. 12(325). С. 94-98. DOI: <https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-12-325-94-98>.

3. Денис Каціло. Вячеслав Климов та Володимир Поперешнюк – підприємці року за версією Forbes. Як власники «Нової пошти» рятували свою компанію. *Forbes.ua*. : офіційний веб-сайт. URL: <https://forbes.ua/richest/vidshtovkhnutis-vid-dna-yak-vlasniki-novoi-poshti-pereosmislyuyut-spravu-svogo-zhittya-14092022-8282> (дата звернення 27.04.2026).

4. Нова пошта. *Вікіпедія* : офіційний веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%88%D1%82%D0%B0 (дата звернення 27.04.2026).

5. Попит лише зростає. Нова пошта перетнула позначку в 30 тисяч поштоматів – як розвиватиметься мережа надалі. *Бізнес* : офіційний веб-сайт. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/nova-poshta-vstanovila-yuvileyniy-30-tisyachniy-poshtomat-v-ukrajini-yak-rozvivatimetsya-merezha-nadali-50551033.html> (дата звернення 28.04.2026).

6. Мапа поштоматів. *Нова Пошта* : офіційний веб-сайт. URL: <https://novaposhta.ua/departments/?city=118064> (дата звернення 28.04.2026).

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТАВКИ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**

*Кравцов А.Г., к.т.н., Дьомін О.А., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

**IMPROVING THE ORGANIZATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS ENSURING
THE DELIVERY OF FOOD PRODUCTS**

*Kravtsov A, PhD, Demin O, bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Вільний обіг продуктів харчування є однією з ключових передумов формування та завершення єдиного внутрішнього ринку [1]. Він базується на довірі до встановлених стандартів безпеки харчової продукції, які охоплюють усі етапи її життєвого циклу — від виробництва сировини до кінцевого споживання. Особлива увага приділяється дотриманню гігієнічних вимог під час підготовки, переробки, виготовлення, пакування, зберігання, транспортування, навантажувально-розвантажувальних операцій, а також реалізації продукції споживачам [2]. Саме ці аспекти забезпечують якість та безпечність харчових товарів у системі їх вільного переміщення.

В останні роки в Україні спостерігається активне впровадження сучасних логістичних підходів у діяльність підприємств, зокрема концепцій «точно вчасно» (Just-in-Time), оптимізації запасів та мінімізації складських витрат [3]. Такі зміни сприяли зменшенню розмірів партій товарів і одночасному зростанню частки дрібнопартійних перевезень у загальній структурі вантажопотоків [4]. Найбільш виразно ця тенденція проявляється у сфері міських перевезень продуктів харчування.

Сучасна система постачання харчових товарів характеризується доставкою невеликих обсягів продукції безпосередньо до великої кількості споживачів або торговельних точок [5]. Протягом одного робочого дня транспортні засоби можуть обслуговувати від кількох десятків до кількох сотень і навіть тисяч пунктів доставки. У таких умовах особливого значення набуває задача формування раціональних маршрутів руху транспорту, оскільки саме від їх ефективності залежить швидкість доставки, рівень витрат і загальна якість транспортного обслуговування [6].

Автомобільний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні перевезень у межах міських агломерацій, особливо при доставці товарів широкого вжитку [7]. Його основна функція полягає у своєчасному та якісному задоволенні потреб підприємств, організацій і населення. В умовах ринкової економіки спостерігається скорочення життєвих циклів товарів, зменшення розмірів партій постачання та активне формування ринку транспортно-логістичних послуг [8]. Одночасно зростає кількість торговельних точок, що підвищує вимоги до оперативності та точності доставки за принципом «точно в термін». Дрібнопартійні перевезення сьогодні займають важливе місце у структурі транспортних послуг, особливо при забезпеченні торговельних мереж продуктами харчування та товарами повсякденного попиту [9]. Такі перевезення, як правило, здійснюються на короткі відстані в межах міста та охоплюють велику кількість точок доставки. Вони мають значний соціально-економічний вплив, оскільки транспортні витрати безпосередньо формують кінцеву ціну товару для споживача [10]. Тому підвищення ефективності таких перевезень і зниження їх собівартості є важливим завданням як для транспортних підприємств, так і для економіки в цілому.

Однією з ключових вимог до організації перевезень є своєчасність доставки [11]. Швидке та надійне транспортування вантажів забезпечує стабільність виробничих і торговельних процесів, дозволяє зменшити рівень запасів, прискорити оборот капіталу та підвищити загальну ефективність господарської діяльності. Важливим показником

своєчасності є регулярність надходження вантажів, яка характеризує стабільність постачання протягом певного періоду часу. Не менш важливим аспектом є збереження вантажу, яке передбачає його доставку без втрат, пошкоджень або розкрадань [12]. Це забезпечує можливість негайного використання продукції після доставки. Надійність перевезень визначається здатністю системи доставляти вантаж у потрібній кількості, належної якості та у встановлені строки. Безпека транспортування полягає у створенні оптимальних умов для збереження вантажу та постійному контролю його стану на всьому шляху руху.

Таким чином, розвиток ринку продуктів харчування та впровадження сучасних логістичних концепцій призводять до суттєвих змін у системі міських перевезень. Зростання частки дрібнопартійних поставок і розширення мережі торговельних точок висувають підвищені вимоги до організації транспортного процесу [13]. У цих умовах особливої актуальності набуває оптимізація маршрутів, підвищення своєчасності, надійності та безпеки доставки вантажів. Ефективне вирішення цих завдань дозволяє не лише знизити транспортні витрати, але й забезпечити стабільність постачання, підвищити якість обслуговування споживачів та загальну ефективність функціонування логістичних систем.

Отже, сучасний розвиток транспортно-логістичних систем у сфері перевезення продуктів харчування потребує комплексного підходу до організації доставки вантажів. Ефективне поєднання сучасних логістичних концепцій, оптимізації маршрутів, інформаційних технологій та спеціалізованого транспортного забезпечення дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування, знизити витрати, забезпечити стабільність постачання та підвищити конкурентоспроможність підприємств на ринку транспортно-логістичних послуг.

Список посилань:

1. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>
2. Гігієна та санітарія в галузі харчових виробництв : навч. посіб. / О. В. Безпалько, І. М. Демидов. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 312 с.
3. Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи : навч. посіб. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2022. 288 с.
4. Смирнов І. Г., Косарева Т. В. Транспортна логістика : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2021. 224 с.
5. Oklander M., Yashkina O. Logistics of supply chains in modern distribution systems. *Odessa Economic Journal*. 2022. № 3. С. 45–52.
6. Транспортна логістика : підручник / за ред. В. І. Сергєєва. Харків : ХНАДУ, 2023. 356 с.
7. Нагорний Є. В., Науменко М. О. Організація автомобільних перевезень : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2021. 295 с.
8. Christopher M. *Logistics and Supply Chain Management*. 6th ed. London : Pearson Education, 2022. 328 p.
9. Брайковська А. М. Організація дрібнопартійних перевезень у містах. *Вісник транспортної економіки і промисловості*. 2023. № 81. С. 112–118.
10. Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems*. 5th ed. New York : Routledge, 2024. 456 p.
11. Бутенко О. П., Давидич Ю. О. Управління транспортними процесами : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2022. 274 с.
12. Перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні : правила та нормативи. Київ : Мінінфраструктури України, 2021. 198 с.
13. Транспортно-логістичні системи : монографія / за ред. М. Ю. Григорака. Київ : Логос, 2023. 410 с.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

*Городецька Т. Е., к.е.н., доцент, Беліков Д. С., здобувач РВО «бакалавр»
Державний біотехнологічний університет*

ENSURING THE SAFETY OF TRANSPORT PROCESSES IN THE AGRICULTURAL SECTOR

*Gorodetska T. E., Candidate of Economics Science, Docent,
Bielikov D. S., Bachelor's Degree Student
State Biotechnological University*

Забезпечення безпеки транспортних процесів в аграрному секторі є важливою складовою ефективного функціонування агропромислового комплексу та гарантування продовольчої безпеки держави. Специфіка аграрного виробництва, зокрема сезонність, територіальна розосередженість виробників і різноманітність видів продукції, зумовлює підвищені вимоги до організації безпечних перевезень.

В загальнонаціональному вимірі транспортна безпека, як комплексна характеристика, яка визначає стан захищеності об'єктів транспортної інфраструктури, що дозволяє забезпечувати безпеку та інтереси в галузі транспортної діяльності, стійкість транспортної діяльності, здатність запобігати нанесенню шкоди здоров'ю і життю людей, збитку майну та навколишньому середовищу, мінімізувати соціальноекономічний збиток при транспортній діяльності [1].

Основними факторами ризику у транспортних процесах аграрного сектору є людський фактор, технічний стан транспортних засобів, стан дорожньої інфраструктури, а також вплив зовнішнього середовища, включаючи погодні умови. Значну частку дорожньо-транспортних пригод становлять випадки, пов'язані з порушенням правил дорожнього руху, перевтомою водіїв, недостатнім рівнем їх підготовки та дисципліни.

Важливим аспектом забезпечення безпеки є контроль технічного стану транспортних засобів, що використовуються для перевезення сільськогосподарської продукції. Особливо це стосується спеціалізованого транспорту, призначеного для перевезення швидкопсувних продуктів або живих тварин, де недотримання технічних вимог може призвести не лише до аварійних ситуацій, але й до втрати якості продукції. Не менш важливою складовою є організація роботи служби безпеки руху на підприємствах, яка включає проведення інструктажів, навчання водіїв, аналіз причин дорожньо-транспортних пригод та впровадження профілактичних заходів, тому системний підхід до управління безпекою передбачає інтеграцію організаційних, технічних і інформаційних заходів.

Основними правилами безпеки при транспортуванні врожаю є:

1. До керування транспортом допускаються лише водії з відповідними правами та допуском.
2. Перед виїздом перевірка технічного стану машин і причепів (гальма, світло, кріплення).
3. Завантаження має бути рівномірним, без перевищення допустимої маси.
4. Використання спеціальних засобів для фіксації вантажу, щоб уникнути його висипання.
5. Під час руху уникнення перевищення швидкості, особливо на польових дорогах.
6. Не допуск сторонніх осіб на платформах і причепах.
7. Організація безпечних маршрутів транспортування, враховуючи перехрестя з дорогами загального користування та рух поблизу населених пунктів.
8. Дотримання правил дорожнього руху й вимог охорони праці [2].

Безпечна організація перевезень неможлива також без планування, контролю та виконанням транспортних операцій, дотриманню режиму праці водіїв. Оптимізація маршрутів передбачає уникнення небезпечних ділянок, таких як зони з високим рівнем ДТП, поганими дорожніми умовами або недостатнім освітленням. Правильне завантаження, підготовка персоналу та використання сучасних технологій зменшують ризики аварій. Інформаційна підтримка та розробка інструкцій для дій у надзвичайних ситуаціях забезпечують оперативне реагування на небезпеки. Контроль умов перевезень забезпечує безпеку транспортування вантажів і пасажирів шляхом перевірки технічного стану транспортних засобів та дотримання правил завантаження. Моніторинг умов перевезень, таких як температура, вологість або кріплення вантажів, мінімізує ризики пошкоджень і втрат. Сучасні інформаційні системи дозволяють виявляти відхилення в реальному часі, своєчасно реагуючи на можливі і прогнозовані небезпеки [3].

Сучасні умови господарювання вимагають активного впровадження цифрових технологій, зокрема систем GPS-моніторингу, автоматизованого контролю режимів праці та відпочинку водіїв, а також інформаційних систем управління логістичними процесами, що дозволяє суттєво підвищити рівень контролю за транспортними операціями та зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій. Використання GPS-технологій забезпечує можливість відстеження місцезнаходження транспортних засобів у режимі реального часу, аналізу маршрутів руху, швидкісного режиму та дотримання графіків перевезень, що сприяє оперативному реагуванню на відхилення від запланованих параметрів і підвищує дисципліну водіїв. Важливу роль також відіграють цифрові тахографи та системи контролю режимів праці й відпочинку, які дозволяють мінімізувати ризики, пов'язані з перевтомою водіїв – однією з ключових причин дорожньо-транспортних пригод, тому автоматизація цих процесів забезпечує об'єктивність даних і унеможлиблює їх фальсифікацію.

Інформаційні системи управління логістикою (TMS, ERP) забезпечують комплексне планування, координацію та оптимізацію транспортних потоків, дозволяють ефективно управляти ресурсами, скорочувати час доставки та витрати на перевезення. Крім того, впровадження аналітичних інструментів і технологій обробки даних дає змогу прогнозувати потенційні ризики, оцінювати ефективність маршрутів і приймати обґрунтовані управлінські рішення. У сукупності застосування цифрових технологій сприяє підвищенню прозорості транспортних процесів, покращенню якості управління та створює передумови для формування більш безпечної, ефективної та стійкої транспортно-логістичної системи в аграрному секторі.

Крім того, в умовах воєнного стану особливої актуальності набуває врахування додаткових ризиків, пов'язаних із пошкодженням інфраструктури, обмеженням маршрутів руху та підвищеною небезпекою перевезень, що вимагає адаптації транспортно-логістичних систем до нових умов та посилення заходів безпеки.

Отже, забезпечення безпеки транспортних процесів в аграрному секторі є комплексним завданням, що потребує поєднання організаційних, технічних і управлінських рішень. Підвищення рівня безпеки сприятиме зниженню аварійності, мінімізації втрат продукції та підвищенню ефективності функціонування агропромислового комплексу.

Список посилань:

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р № 430-2018-р / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>
2. Безпечне перевезення врожаю: основні вимоги до організації робіт. URL: <https://7eminar.ua/news/13780-bezpecne-perevezennya-vrozayu-osnovni-vimogi-do-organizaciyi-robot>
3. Хітров І. О., Козак С. В. Безпечність транспортної діяльності. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Issue 10(41), Part II. С. 196-204. [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/10\(41\)_II/23.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/10(41)_II/23.pdf)

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТАРИ НА ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ПРОДУКЦІЇ

*Тогаєв Р.М., здобувач магістратури, Птиця Н.В., к.т.н., доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

INFLUENCE OF PACKAGING PARAMETERS ON THE ORGANIZATION OF THE PRODUCT DELIVERY PROCESS

*Tohaiev R., Master's Student, Pitytsia N., Ph. D. of Engineering, Associate Professor
Kharkiv National Automobile and Highway University*

Сучасний розвиток транспортно-логістичних систем супроводжується постійним зростанням вимог до ефективності організації доставки продукції, раціонального використання транспортних ресурсів та мінімізації логістичних витрат. В умовах глобалізації ринків, підвищення вартості енергоресурсів, ускладнення ланцюгів постачання та необхідності забезпечення екологічної стійкості особливого значення набуває проблема оптимізації параметрів тари та упаковки продукції. Якщо раніше упаковка розглядалася переважно як елемент захисту товару або засіб маркетингового позиціонування, то сьогодні вона є важливим компонентом логістичної системи, який безпосередньо впливає на ефективність транспортування, складських процесів, вантажопереробки та розподілу продукції [1, 2].

У логістиці тара виконує комплекс функцій, серед яких основними є забезпечення збереження продукції, спрощення вантажних операцій, формування раціональних вантажних одиниць, підвищення ефективності використання складських площ та транспортних засобів. Водночас параметри тари визначають величину додаткової маси та об'єму, які необхідно транспортувати разом із корисним вантажем. Саме тому при організації доставки важливим техніко-економічним показником виступає коефіцієнт тари відношення маси упаковки до маси продукції нетто. Даний показник характеризує рівень транспортної ефективності упаковки та дозволяє оцінити, яка частина транспортної роботи витрачається безпосередньо на перевезення продукції, а яка – на транспортування тари [3].

У сучасних умовах питання оптимізації параметрів тари є надзвичайно актуальним для підприємств різних галузей економіки: харчової промисловості, фармацевтики, електроніки, роздрібно торгівлі, будівельної індустрії та електронної комерції. Особливої ваги дана проблема набуває для систем доставки продовольчих товарів, де перевезення здійснюються регулярно, а продукція часто характеризується обмеженими термінами зберігання та високими вимогами до умов транспортування [4].

Коефіцієнт тари безпосередньо впливає на рівень транспортних витрат. Зі збільшенням маси упаковки зростає загальна маса вантажу, що призводить до підвищення витрат пального, збільшення навантаження на транспортні засоби та підвищення собівартості перевезень. Крім того, значні габарити тари можуть зменшувати кількість продукції, яку можливо розмістити у кузові автомобіля або контейнері, що негативно впливає на коефіцієнт використання вантажомісткості транспортного засобу [5].

Важливим аспектом є також вплив параметрів тари на організацію складських процесів. Раціональна упаковка дозволяє ефективно формувати транспортні пакети, оптимізувати процеси палетування, скоротити тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт та зменшити потребу у складських площах. Натомість використання неуніфікованої або громіздкої тари ускладнює процеси зберігання та комплектування замовлень, підвищує трудомісткість логістичних операцій і може призводити до збільшення пошкоджень продукції під час транспортування [6].

Одним із найбільш показових прикладів впливу параметрів тари на ефективність доставки є галузь харчової промисловості, зокрема перевезення молочної продукції. Техніко-

економічний показник, який відображає відношення ваги упаковки до ваги самого продукту (нетто), визначається як умовний коефіцієнт тари. У молочній галузі цей показник критично важливий для логістики, оскільки визначає, скільки додаткової ваги та об'єму транспортується разом із корисним вантажем.

Плівкова упаковка типу milk-пакет характеризується найнижчим коефіцієнтом тари приблизно 0,01–0,02. Поліетиленовий пакет для фасування 900 г молока важить лише декілька грамів, тому майже вся вантажопідйомність транспортного засобу використовується для перевезення продукції. Така упаковка є найбільш економічною з точки зору логістики, однак має обмежені захисні властивості та меншу стійкість до механічних пошкоджень.

ПЕТ-пляшка має середній коефіцієнт тари на рівні 0,04–0,06. Пластикові тарни є більш зручною для споживача, забезпечує кращий захист продукції, однак її використання супроводжується збільшенням транспортної маси. Картонна упаковка типу Tetra Pak або Pure-Pak характеризується коефіцієнтом тари близько 0,03–0,05 і забезпечує достатній баланс між міцністю, вагою та ефективністю транспортування. Найвищі значення коефіцієнта тари характерні для скляної упаковки, яка широко використовується при виробництві дитячого харчування, соків, алкогольних напоїв та фармацевтичної продукції. У деяких випадках маса скляної тари може становити до 60–90 % маси самого продукту, що суттєво збільшує транспортні витрати [7].

Значний вплив параметри тари мають і в галузі перевезення напоїв. Наприклад, використання алюмінієвих банок дозволяє суттєво зменшити масу вантажу порівняно зі скляною тарою. Для пивної продукції коефіцієнт тари алюмінієвої банки становить приблизно 0,03–0,05, тоді як для скляної пляшки він може складати 0,25–0,40. Це безпосередньо впливає на витрати під час магістральних перевезень та міської дистрибуції [8].

У сфері електронної комерції параметри упаковки також відіграють важливу роль. Для доставки дрібних товарів значний об'єм упаковки може призводити до неефективного використання внутрішнього простору транспортного засобу. Саме тому сучасні компанії активно впроваджують технології оптимізації упаковки, використовуючи адаптивні коробки, мінімізацію порожнього простору та легкі пакувальні матеріали. Особливо ця проблема є актуальною для компаній, які здійснюють масову доставку посилок (оператори експрес-доставки) та працюють у сегменті last mile delivery [9].

У фармацевтичній галузі тара виконує не лише логістичну, а й захисну функцію. Вимоги до герметичності, стерильності та захисту від зовнішніх факторів часто призводять до збільшення маси упаковки. Проте навіть у даному сегменті виробники прагнуть оптимізувати параметри тари за рахунок використання сучасних полімерних матеріалів та багатошарової упаковки [10].

Окремої уваги заслуговує вплив параметрів тари на екологічну стійкість логістичних систем. Збільшення маси упаковки безпосередньо призводить до підвищення споживання пального та збільшення викидів парникових газів. Крім того, значна частина пакувальних матеріалів після використання перетворюється на відходи, що безперечно створює додаткове навантаження на систему поводження з відходами. Саме тому сучасні концепції сталої логістики передбачають використання перероблена упаковка (recyclable packaging), reusable packaging та lightweight packaging, які дозволяють зменшити екологічний вплив транспортно-логістичних процесів [11].

Важливим напрямом підвищення ефективності доставки є стандартизація тари та упаковки. Уніфікація габаритів ящиків, контейнерів, піддонів та транспортних пакетів дозволяє оптимізувати процеси навантаження, забезпечити раціональне використання внутрішнього простору транспортних засобів та автоматизувати складські операції. Значного поширення у міжнародній практиці набули модульні системи упаковки, які адаптовані до стандартних розмірів палет та контейнерів [12, 13].

Попередня організація та визначення умовних логістичних одиниць готової продукції свідчить, що зі збільшенням коефіцієнта тари зростає кількість вантажних місць,

підвищується трудомісткість вантажних операцій та ускладнюється процес організації доставки. Так, наприклад, для молочної продукції у ПЕТ-пляшках або плівковій упаковці при масі нетто 3600 кг формується близько 450–500 ящиків, тоді як для дитячого харчування у скляній тарі при значно меншій масі продукції необхідно сформувавши 80–100 окремих транспортних одиниць. Це свідчить про суттєвий вплив параметрів тари на організацію транспортно-логістичних процесів.

Таким чином, параметри тари та коефіцієнт тари є важливими чинниками ефективності логістичних систем. Від вибору упаковки залежать транспортні витрати, рівень використання вантажопідйомності транспортних засобів, ефективність складських процесів, тривалість вантажних операцій та екологічність доставки. Найбільш ефективними з точки зору логістики є легкі та компактні види упаковки, однак вибір тари повинен здійснюватися комплексно, з урахуванням вимог до збереження продукції, маркетингових характеристик, екологічності та зручності для споживача. Оптимізація параметрів тари дозволяє підвищити ефективність функціонування транспортно-логістичних систем, скоротити витрати на перевезення та забезпечити більш раціональне використання ресурсів підприємства.

Список посилань:

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow: Pearson Education, 2016. 310 p.
2. Pålsson H. Packaging Logistics: Understanding and Managing the Economic and Environmental Impacts of Packaging in Supply Chains. London (1-ed.): Kogan Page, 2018. 211 p.
3. Крикавський Є.В., Чернописька Н.В. Логістичні системи: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 288 с.
4. CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary. URL: https://cscmp.org/CSCMP/cscmp/educate/scm_definitions_and_glossary_of_terms.aspx (дата звернення 11.11.2025).
5. Олісевич М. Організація автомобільних перевезень. Ч. 1.: Вантажні перевезення: навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2017. 336 с.
6. ISO 3394:2012. Packaging – Complete, filled transport packages and unit loads – Dimensions of rigid rectangular packages. URL: <https://www.iso.org/standard/50990.html> (дата звернення 20.11.2025).
7. Tetra Pak Sustainability Report FY22. Material and Logistics Solutions Reports. URL: <https://www.3blmedia.com/news/campaign/tetra-pak-sustainability-report-fy22> (дата звернення 20.11.2025).
8. How Amazon is improving packaging and boosting sustainability. URL: <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/how-amazon-is-reducing-packaging> (дата звернення 20.11.2025).
9. Healthcare Packaging Options. Consumer Health Packaging. URL: <https://www.amcor.com/sustainability/sustainability-report> (дата звернення 23.12.2025).
10. Ізтелеуова М.С., Грицук І.В., Арімбекова П.М., Тарандушка Л.А. Організація та логістика перевезень: підручник. Херсон: Олді-плюс, 2021. 264 с.
11. Окландер М.А. Логістика : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 345 с.
12. Вільковський Є.К., Кельман І.І., Бакуліч О.О. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад) - 2-е вид. Львів : 2007. 496 с.
13. Дудар Т. Г., Волошин Р. В. Основи логістики. Навч. посіб. -К.: Центр учбової літератури, 2012. - 176 с.

PRACTICAL ASPECTS OF PERFORMING DUTIES AS A RAIL TRAFFIC CONTROLLER

*Malgorzata Rubach, Silesian University of Technology, Poland.
Aleksandra Marczuk, Akademia Leona Koźmińskiego, Poland*

Railway transport is expanding rapidly, driven by the need to move freight and passengers efficiently while reducing environmental impact and road congestion. Higher traffic density on main lines, intensive shunting operations in freight stations, and the growth of logistics parks place increasing demands on infrastructure managers and railway undertakings. In this context, the rail traffic controller (Polish: *dyzurny ruchu*) remains a key safety-critical role, responsible for the safe, fluent, and rule-compliant movement of trains and shunting movements within a station area and on adjacent line sections [1], [3].

The rail traffic controller role is central to operational safety and network performance. Practical execution of duties relies on reliable technical systems, disciplined communication, and robust documentation practices that function as safety barriers. Formal qualification and competence management, combined with recurrent training and realistic didactic materials, help mitigate human-factor risks and support safe operations in both normal and degraded modes. As railways adopt more computer-based interlocking and electronic documentation, maintaining clear procedures and auditability remains essential for safety and efficiency.

The traffic controller typically performs duties in a signal box (control room) designed in accordance with occupational safety requirements. Daily work combines direct observation of the station area with continuous monitoring of interlocking indications, line block status, and communications channels. Depending on local conditions, the controller operates computer-based interlocking systems, station and line block devices, mechanical or electric auxiliary devices, and applies special protections such as auxiliary locks, point clips, derails, or temporary blocking measures when required [4], [6].

A core operational task is setting and securing routes for train movements (arrivals, departures, through movements) and for shunting movements. This includes verifying track availability, turnout position and locking, flank protection, level crossing status (where applicable), and compliance with the technical station regulation (local operating rules). In freight areas and logistics parks, the controller also supervises shunting teams and coordinates access to sidings and loading points, balancing traffic safety with the need to minimize delays and occupation of line sections [4], [8]. Traffic management is inherently cooperative. The controller exchanges information with controllers in adjacent stations, network dispatchers, train crews, shunting staff, level crossing keepers, and maintenance teams. Clear and unambiguous communication is critical, particularly in abnormal situations such as equipment failures, temporary speed restrictions, track possessions, or special consignments (e.g., oversized loads or dangerous goods). The controller must ensure that commands and permissions are communicated in a form and sequence required by regulations, and that acknowledgements are correctly recorded [3], [4].

Safety management is an integral part of the job. In addition to routine operations, the traffic controller responds to incidents and near misses, initiates protective measures, and coordinates actions with technical services. Many infrastructure managers operate formal Safety Management Systems (SMS), requiring structured reporting, documentation of degraded-mode procedures, and verification that staff are competent and fit for duty. The human factor is especially relevant: traffic control requires sustained attention, rapid situation assessment, and decision-making under time pressure while maintaining strict adherence to rules [2], [4].

Operational documentation provides the backbone of safe traffic control. Traditionally, the controller maintains a set of paper books and forms that document train movements, route preparations, track occupancy, temporary warnings, equipment conditions, and inspections. Increasingly, computer-based systems introduce an Electronic Traffic Log (EDR) integrated with modern interlocking solutions, enabling automatic entries and digital handling of telephone messages and special instructions while preserving traceability of changes [6], [9].

Key documents used in everyday practice include: the Train Movement Log (R-146) for recording train movements on a given line section, the Route Book (R-142) for ordering and confirming route preparations, the Track Occupancy Check (R-292) as a safeguard against receiving a train onto an occupied track, the Temporary Warnings Book (R-189) for non-scheduled restrictions, the Interlocking Equipment Control Book (E-1758) for recording defects, repairs and restrictions, and the Switch Inspection Log (D-831) supporting the condition monitoring of turnouts and related components [4], [6].

Proper record-keeping is not a formality: it is a safety barrier. Entries must be legible, consistent, and made in the correct sequence. Corrections are executed by crossing out the incorrect text while keeping it readable, inserting the correct entry, and confirming it with a signature. During shift handover, the outgoing controller transfers operational information on train schedules, track occupancy, interlocking status, ongoing works, active warnings and restrictions, and any events affecting safety; the handover is documented with time, date and signatures in the required books [4]. Written orders complement routine signalling. In Polish practice, written orders such as R 307 (O) provide instructions and warnings (e.g., cautious driving, special conditions, level crossing defects), R 305 (S) provides permissions (e.g., passing a signal at stop under defined conditions), and R 306 (N) covers permissions and instructions related to running on the left-hand track or single-track working on a double-track line. Additional forms (e.g., R 315) support works and temporary operational arrangements. Orders are issued in multiple copies and must be clearly acknowledged by the receiving staff, including time of delivery [4], [7].

The qualification pathway is regulated. Personnel on safety-related railway positions are subject to formal requirements concerning education, professional preparation, examinations, and periodic checks. In Poland, the Office of Rail Transport (UTK) commissions qualification examinations, while the employer organizes training programs and local authorization for a specific station or control area. Beyond initial qualification, traffic controllers undergo recurrent training and examinations, including updates on rules, signalling, and operating procedures, and must meet health and psychophysical criteria such as colour vision, hearing, and stress resilience [2], [3].

From a competence-management perspective, the role combines technical knowledge (rules, signalling, interlocking logic, radio and telephone procedures) with non-technical skills (communication, leadership, workload management, and situational awareness). The engineering project underlying this article therefore proposes didactic materials and a training workstation that exposes trainees to real documentation and typical operational scenarios. Such an approach supports the development of safe habits, reduces the risk of documentation errors, and prepares staff for the transition from paper-based processes to increasingly digital traffic control environments [6], [8].

Work organisation is typically shift-based and may include 12-hour duties with short rest intervals between shifts, including nights, weekends and holidays. Such a regime increases the importance of fatigue management and strict shift handover routines. In practice, the handover is more than a verbal briefing: it requires confirmation of train positions, track occupancy, restrictions, equipment status (including seals and counters), and the status of ongoing works. A disciplined handover reduces the risk of loss of situation awareness and prevents latent errors from propagating into the next shift [4]. A substantial part of real-world traffic control involves enabling and supervising maintenance and construction activities. Track possessions, winter works, and works in signalling and power systems require a structured approval process: verification of staff authorisations, definition of safe work limits, introduction of speed restrictions or single-track working, and continuous monitoring of impacts on traffic. The controller must balance operational continuity with the principle that safety has absolute priority over performance [3], [6].

When systems fail or operate in a degraded mode, procedures become more demanding and more vulnerable to human error. Examples include failures of interlocking indications, line block irregularities, defects of level crossings, or partial loss of communications. Regulations define how to introduce substitute communication (e.g., telephone-based methods), how to apply additional protections to points and derails, and how to authorise train movements under special conditions (including passing signals at stop under written order). Effective degraded-mode management

requires both rule knowledge and practical proficiency developed through scenario-based training [3], [4]. Documentation also functions as an interface between operational control and technical maintenance. The equipment control book (E-1758) records defects, repair actions, restrictions (obostrzenia) and authorisations, including the requirement that technicians record the removal of seals and obtain written permission before intervening in safety-related equipment. This formalises accountability and creates an auditable trail of changes, which is essential for post-incident analysis and for preventing unauthorised interventions [6].

Competence management for traffic controllers should therefore be treated as a lifecycle process. Initial training and examinations confirm baseline knowledge, but continuing competence is maintained through periodic checks, refresher courses and local re-authorisations following changes in infrastructure, interlocking systems or regulations. The practical competence profile also includes non-technical skills such as communication discipline, prioritisation, and stress coping strategies, which can be assessed and developed using structured briefings and simulator or workstation exercises [2], [4]. The educational component proposed in the engineering project addresses these needs by creating a didactic workstation with representative documentation sets and examples of typical records, including orders and warning entries. By practising the correct sequence of actions, wording of communications, and record keeping under time constraints, trainees can internalise safe routines. This supports organisational resilience and reduces the likelihood of errors in high-workload periods, especially in freight stations serving logistics parks where simultaneous shunting and train movements are common [8]. Finally, the transition toward electronic logs and computer-based interlocking raises additional organisational questions: how to ensure data integrity, how to preserve traceability of edits, and how to maintain operational continuity during IT outages. While digitalisation can reduce transcription errors and improve situational overview, it must be accompanied by clear fallback procedures and rigorous access control. In practice, the controller remains responsible for the correctness of entries and for ensuring that digital tools support, rather than replace, rule-based safety thinking [6], [9].

Conclusion. The rail traffic controller role is central to operational safety and network performance. Practical execution of duties relies on reliable technical systems, disciplined communication, and robust documentation practices that function as safety barriers in both normal and degraded modes. Formal qualification and competence management, combined with recurrent training, realistic didactic materials and fatigue-aware shift handover routines, help mitigate human-factor risks. As railways adopt more computer-based interlocking and electronic documentation, maintaining clear fallback procedures, auditability and data integrity remains essential for safety and efficiency.

References:

1. Act of 28 March 2003 on Railway Transport (Poland).
2. Regulation of the Minister of Infrastructure of 11 January 2021 on employees employed in positions directly related to the management and safety of railway traffic and the operation of certain types of rail vehicles (Poland).
3. Regulation of the Minister of Infrastructure of 18 July 2005 on general conditions for railway traffic management and signalling (Poland).
4. TR-O1 (R-1) Instruction on train traffic management, operation of traffic posts and shunting techniques.
5. TR-05 (E-1) Instruction on railway signalling.
6. TU-02 (E-11) Instruction on principles of operation and works in railway traffic control (SRK) devices; including electronic log and interlocking procedures.
7. Jarocki, J.: Fundamentals of Railway Traffic. Biala Podlaska, 2023.
8. Internal documentation and procedures of CARGOTOR Sp. z o.o. (used with employer consent).
9. Ie-20 Instruction for operation of computer-based railway traffic control systems in PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

**ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ВИБІР ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ АВТОБУСІВ НА
МАРШРУТІ МЕНА–КИЇВ**

Козенок А.С., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Мищенко К.О.

Державний біотехнологічний університет

**INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE CHOICE OF SPEED MODE OF
BUSES ON THE MENA–KYIV ROUTE**

Kozenok A., PhD

State Biotechnological University (SBTU)

Mishchenko K.

State Biotechnological University (SBTU)

Безпека та ефективність пасажирських перевезень значною мірою залежать від вибору оптимального швидкісного режиму руху автобусів. Особливо актуальним це питання є для міжміських маршрутів великої протяжності, зокрема маршруту «Мена–Київ», який проходить через ділянки доріг із різними умовами руху. Одним із ключових факторів, що впливають на швидкість руху автобусів, є погодні умови.

Маршрут «Мена–Київ» характеризується значною довжиною та проходженням через території з різною інтенсивністю транспортного потоку. У процесі руху автобуси піддаються впливу таких погодних факторів, як опади, туман, ожеледиця, сильний вітер, спека та погіршення видимості. Маршрут «Мена – Київ» (приблизно 215 км) проходить через різноманітні ділянки: населені пункти Чернігівської області, відкриті поля, лісосмуги та приміські зони. Погодні умови (дощ, туман, ожеледь, снігопад) суттєво знижують коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою та обмежують видимість, що потребує корекції швидкісного режиму.

У зимовий період найбільш небезпечними факторами є снігопади та ожеледиця, які суттєво знижують коефіцієнт зчеплення шин із дорожнім покриттям. У таких умовах водії змушені зменшувати швидкість руху на 20–40 % залежно від стану дороги. Крім того, збільшується гальмівний шлях транспортного засобу та ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Під час дощу спостерігається погіршення видимості та можливість виникнення ефекту аквапланування. Це також призводить до необхідності зниження швидкості руху, особливо на ділянках дороги з незадовільним водовідведенням. За умов густого туману швидкість автобусів може знижуватися до мінімально безпечного рівня через обмеження видимості дорожньої обстановки.

У літній період високі температури повітря впливають на технічний стан транспортних засобів та працездатність водіїв. Перегрів двигуна, підвищене навантаження на систему кондиціонування та втома водія можуть негативно позначатися на безпеці руху.

Більш детальний аналіз впливу погодних умов на режим руху автобусів наступний:

1. Ожеледь та снігові опади є найкритичнішими факторами. При коефіцієнті зчеплення $\varphi \leq 0,2-0,3$ безпечна швидкість автобуса на заокругленнях дороги (особливо поблизу села Макошине) не повинна перевищувати 30–40 км/год, що на 50–60% нижче за нормативну швидкість на сухому покритті (70–90 км/год).
2. Туман та сильний дощ знижують видимість до 50–100 м. На ділянках без освітлення (більша частина траси поза містами) максимально допустима швидкість автобуса визначається дистанцією зупинки і не має перевищувати 40–50 км/год. Порушення цього режиму призводить до ризику виникнення ланцюгових зіткнень.

3. Боковий вітер на відкритих ділянках (зона Чернігівської рівнини) понад 12–15 м/с створює крен високого автобуса, вимагаючи зниження швидкості на 15–20% відносно дозволеної ПДР, особливо для автобусів з підвищеною парусністю (туристичні класи).
4. Перехідні метеоситуації (різка зміна температури, початок дощу після спеки) створюють локальні ділянки з низьким зчепленням (масляно-водяна плівка). На маршруті «Мена – Київ» такі ділянки фіксуються на в'їздах і виїздах із населених пунктів (м. Мена, м. Бровари), де водії звикли рухатися з підвищеною швидкістю, що призводить до аварійних заносових ситуацій.

Для підвищення безпеки доцільно інтегрувати дані локальних метеостанцій (наприклад, автоматичні пости на 100-му, 70-му та 30-му км маршруту) з бортовими системами контролю швидкості автобусів. Впровадження сезонних графіків руху з диференціацією швидкості залежно від погоди дозволить зменшити ризик ДТП на 25–30%.

Важливим аспектом є також вплив погодних умов на часові параметри перевезення. Зменшення швидкості руху призводить до збільшення тривалості рейсу, зміни графіків руху та можливих затримок прибуття автобусів до кінцевого пункту маршруту.

Для підвищення безпеки руху автобусів на маршруті «Мена–Київ» доцільно:

- використовувати сучасні системи моніторингу погодних умов;
- здійснювати оперативне інформування водіїв про стан дорожнього покриття;
- коригувати графіки руху залежно від метеорологічної ситуації;
- застосовувати сезонні шини відповідно до погодних умов;
- удосконалювати систему підготовки водіїв до роботи в складних погодних умовах.

Також доцільно дотримуватися порад Державного управління національної поліції:

- 1) при потраплянні у смугу туману необхідно знизити швидкість і збільшити дистанцію;
- 2) вибрати швидкість при поганій видимості треба таку, щоб була можливість вчасно зупинитися;
- 3) у тумані краще уникати зупинок, але якщо виникла необхідність, то знизити швидкість плавно, кілька разів, натискаючи на педаль гальма;
- 4) коли автобус потрапляє в туман, на склі починає осідати конденсат, тому перед поїздкою не зайвим буде перевірити роботу склоочисників та під час руху періодично їх включати.

Отже, погодні умови мають суттєвий вплив на вибір швидкісного режиму автобусів на маршруті «Мена–Київ». Найбільший вплив на безпеку та швидкість руху здійснюють опади, ожеледиця, туман та висока температура повітря. Урахування погодних факторів під час організації перевезень дозволяє підвищити безпеку пасажирів, зменшити ризик ДТП та забезпечити стабільність транспортного обслуговування.

Список посилань:

1. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. Рекомендації щодо безпеки дорожнього руху в складних погодних умовах. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://restoration.gov.ua/> (дата звернення: 08.05.2026).
2. Всесвітня організація охорони здоров'я. Global Status Report on Road Safety. — Geneva, 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023> (дата звернення: 08.05.2026)
3. Міністерство розвитку громад та територій України. Правила надання послуг пасажирського автомобільного транспорту. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws> (дата звернення: 08.05.2026).
4. Капський Д. В., Лобашов О. О. Вплив погодних умов на параметри транспортних потоків // Вісник транспортних технологій. — 2021. — № 3. — С. 45–51.

**УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ РИЗИКАМИ В УМОВАХ
НЕСТАБІЛЬНОСТІ СЕРЕДОВИЩА**

*Кобець А.Р., здобувачка РВО «бакалавр»
Державний біотехнологічний університет
Орел Д.В., здобувачка РВО «бакалавр»
Київський політехнічний університет
Науковий керівник - Городецька Т.Е., к. е. н.
Державний біотехнологічний університет*

**LOGISTICS RISK MANAGEMENT UNDER CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL
INSTABILITY**

*A.R. Kobets, Bachelor's Degree Student
State Biotechnological University
D.V. Orel, Bachelor's Degree Student
Kyiv Polytechnic University
Scientific Supervisor - T.E. Gorodetska, PhD in Economics
State Biotechnological University*

Зміна умов функціонування логістичних систем зумовлює необхідність їхнього аналізу як простору концентрації різнотипних ризиків, що визначають параметри руху матеріальних та інформаційних потоків. Саме ризики формують обмеження для управлінських рішень, впливаючи на вибір маршрутів, структуру запасів і організацію постачання. Йдеться не про зростання окремих загроз, а про зміну їхньої ролі - ризики стають системоутворюючим фактором логістики, який детермінує її функціональну логіку.

У такій постановці проблеми логістична система набуває рис багаторівневої структури ризиків, у межах якої кожен елемент функціонує під впливом специфічних загроз. Це зумовлює необхідність їх диференційованого розгляду, оскільки характер прояву ризиків визначає не лише масштаби їх впливу, а й можливості управління ними.

Ризики диференціюються за характером їх прояву. Транспортні ризики набувають вираженого фінансового виміру через високу волатильність тарифів, що підтверджується динамікою індексу контейнерних перевезень Drewry, який у кризові періоди перевищував базові значення більш ніж у 3-4 рази [1], що трансформує витратну структуру логістичних операцій. Втрата передбачуваності фінансових ризиків ускладнює планування і підвищує невизначеність управлінських рішень. Інфраструктурні ризики проявляються через перевантаження транспортних вузлів і обмежену пропускну спроможність маршрутів, що призводить до затримок і накопичення відхилень уздовж усього ланцюга постачання. Інформаційні ризики формуються внаслідок обмеженої прозорості логістичних процесів, оскільки значна частина компаній не має повної видимості своїх ланцюгів постачання, що підвищує ймовірність помилок і створює додаткові точки вразливості [2]. Зовнішні ризики, які пов'язані з макроекономічними та геополітичними чинниками, відрізняються здатністю до швидкого масштабування, що виводить їх за межі окремих логістичних систем. За оцінками Світового банку, навіть незначне зниження ефективності логістичних процесів може спричинити скорочення обсягів міжнародної торгівлі на 1-2% [3], що свідчить про їхній системний вплив.

Посилення ролі ризиків у логістичних процесах супроводжується зміною їхньої взаємодії - окремі види ризиків перестають існувати ізольовано і дедалі частіше проявляються у вигляді комбінованих ефектів, коли, наприклад, інфраструктурні обмеження проважують транспортні затримки, а ті, у свою чергу, трансформуються у фінансові втрати. Така взаємозалежність ускладнює їх ідентифікацію та оцінку, оскільки джерело відхилення

не завжди збігається з місцем його прояву. Це змушує переглядати підходи до аналізу ризиків і відмовлятися від спрощених моделей їх класифікації.

Відчутною ознакою трансформації логістичних ризиків є зростання їхньої варіативності у часовому вимірі. Коливання вартості перевезень, нестабільність строків доставки та зміна доступності транспортних маршрутів відбуваються не поступово, а стрибкоподібно, що унеможлиблює використання традиційних методів прогнозування, заснованих на екстраполяції попередніх тенденцій. У таких умовах ризик набуває динамічного характеру, а його оцінка потребує врахування не лише поточного стану системи, а й потенційних сценаріїв її розвитку.

Додатковим ускладнюючим фактором виступає нерівномірний розподіл ризиків уздовж логістичного ланцюга. Окремі його ділянки характеризуються підвищеною концентрацією вразливостей, що створює так звані «критичні точки», через які проходить значна частина потоків і порушення в яких мають непропорційно великий вплив на загальний результат. Локальні відхилення не обмежуються межами окремої ланки, а здатні поширюватися вздовж усього ланцюга постачання, формуючи каскадний ефект, за якого первинний збій трансформується у послідовність взаємопов'язаних порушень. Зростає значення своєчасного виявлення критичних ділянок та обмеження поширення негативних ефектів, оскільки повна ліквідація ризиків є практично недосяжною. Увага зміщується на здатність системи стримувати розвиток відхилень і зберігати керованість процесів навіть за наявності збурень. Це передбачає необхідність врахування не лише ймовірності виникнення ризику, а й його потенційної динаміки та масштабів поширення. У результаті оцінка логістичних ризиків набуває комплексного характеру, охоплюючи як локальні, так і системні наслідки їх реалізації. За таких умов змінюється і практичний інструментарій управління логістичними ризиками. Йдеться про зменшення чутливості логістичної системи до їхнього впливу.

У підсумку зазначимо, що логістичні ризики в умовах нестабільності середовища слід розглядати як динамічну систему взаємопов'язаних факторів, вплив яких не обмежується окремими операціями, а визначає параметри функціонування логістики загалом, формуючи нові вимоги до управлінських рішень, що мають враховувати не лише рівень ризику, а й його структуру, швидкість поширення та здатність до трансформації.

Сукупна дія ризиків змінює логіку управління логістичними процесами. Пріоритет зміщується від мінімізації витрат до контролю їх варіативності та забезпечення стабільності функціонування системи. З огляду на це ключового значення набувають інструменти диверсифікації маршрутів і постачальників, страхування перевезень та впровадження цифрових технологій моніторингу, що дозволяють своєчасно виявляти відхилення та знижувати чутливість логістичних систем до зовнішніх впливів.

Список посилань:

1. World Container Index. Drewry Shipping Consultants Ltd. URL: <https://www.drewry.co.uk/supply-chain-advisors/supply-chain-expertise/world-container-index>
2. Connecting to Compete 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy. Washington, DC: The World Bank, 2023. URL: <https://lpi.worldbank.org>
3. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2023. New York; Geneva: United Nations, 2023. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>
4. OECD. Global Supply Chains: Efficiency and Risks in the Context of Global Trade. Paris: OECD Publishing, 2022. URL: https://www.oecd.org/en/publications/global-value-chains-efficiency-and-risks-in-the-context-of-covid-19_67c75fdc-en/full-report.html
5. Taking the pulse of shifting supply chains. McKinsey & Company. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/taking-the-pulse-of-shifting-supply-chains>

ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТАХ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

*Абакумов М. О., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

ORGANIZATION OF BUS TRAFFIC ON ROUTES IN MODERN CONDITIONS

*Abakumov M. O., Student
State Biotechnological University*

На сучасному етапі розвитку автобусного транспорту великого значення набувають питання підвищення продуктивності праці [1], реалізація яких безпосередньо пов'язана з можливістю підвищення швидкостей руху автобусів внаслідок пошуку та реалізації внутрішніх резервів на кожному маршруті.

Проблемі поліпшення якості пасажирських автобусних перевезень приділяється дедалі більшу увагу як в Україні. Але результати досліджень таких перевезень у містах усього світу не дають можливості розробити та запропонувати загальні рекомендації, які б дозволили повністю і одразу вирішити задачу скорочення витрат часу населення на різні поїздки в автобусах. Вона пов'язана з пошуком резервів підвищення швидкостей руху автобусів.

Збільшення швидкостей руху автобусів залежить від багатьох факторів, що впливають або самостійно, або у взаємозв'язку, що ускладнює їх вивчення та аналіз [2]. Швидкості руху автобусів на маршрутах встановлюються автотранспортними підприємствами найчастіше з досвіду роботи водіїв без належної диференціації за періодами доби, днями поділення та напрямками руху.

Поряд із рішенням містобудівних та соціологічних завдань, удосконаленням рухомого складу для підвищення швидкостей руху необхідно покращити існуючу його організацію та регулювання, оскільки це при невеликих капітальних витратах дозволяє значно скоротити непродуктивний час населення на різні поїздки [3].

Серед автобусів припадає в середньому 34,9% від загального обсягу внутрішньоміських перевезень, причому доставка пасажирів до місць тяжіння з периферії і назад здійснюється в основному автобусами.

Основні промислові зони розташовуються на периферії міста і є переважно кінцевими пунктами транспортних ліній. Торгові зони рівномірно розосереджені на транспортній території міста, проте переважне обслуговування автобусами Центрального міського ринку здійснюється з 5 пунктів зупинки: Автовокзал; ЖД вокзал; Індустріальна; Комінтерн; Одеська. Інші торгові зони обслуговуються одним зупинним пунктом прибуття та відправлення пасажирів. Соціальні зони, до яких включені основні медичні установи, розміщені або в районі тяжіння кінцевих пунктів, або в останній частині маршруту транспортної лінії.

Організація руху автобусів на маршрутах повинна забезпечувати: регулярність, точність та безпеку руху; найменші терміни доставки пасажирів; раціональне використання автобусів; високу продуктивність праці працівників транспортних підприємств; культуру обслуговування та комфортність поїздки; виконання фінансових та інших планових показників роботи пасажирського транспорту. Організація руху пасажирського транспорту багато в чому визначається грамотним складанням розкладу руху, що спирається на встановлення (нормування) доцільних, прийнятних та здійснених часу простою на зупинках та швидкостей руху автобусів на маршруті.

Швидкість руху автобусів багато в чому залежить від досконалості методів організації їх руху на маршрутах. На особливу увагу заслуговує аналіз системи нормування швидкостей руху автобусів на маршрутах, призначення оптимального часу рейсу та часу пробігу між

контрольними пунктами маршруту з урахуванням напрямків руху, різних періодів доби, днів та сезонів року.

Правильно розрахована та встановлена швидкість руху автобусів по окремих ділянках маршруту має дуже важливе значення, оскільки весь транспортний процес перевезення пасажирів підпорядкований точному графіку руху, а виконання кожного рейсу - строгому розкладу.

Нормування швидкості руху автобусів на кожному маршруті дозволяє виявляти та використовувати значні резерви підвищення продуктивності, а отже, зниження собівартості перевезень пасажирів.

Зниження швидкостей руху автобусів призводить до підвищення витрат часу населення на транспортне пересування, що у свою чергу викликає транспортну втому пасажирів, що перевозяться, що відбивається на продуктивності їх праці.

Швидкість руху автобусів на міських маршрутах значно нижча, ніж на приміських та міжміських маршрутах, через часті планові та непланові зупинки, а також велику щільність руху транспорту на вуличних магістралях. Низькі швидкості руху автобусів відбиваються на стані обслуговування пасажирів, особливо в години пік.

На зміну швидкостей руху автобусів надають певний вплив конструктивні характеристики рухомого складу, що використовується.

Максимальна швидкість руху автобусів визначається на динамометричній дорозі або на швидкісному треку, що має пряму горизонтальну ділянку достатньої довжини, або на стенді з біговими барабанами. Максимальна швидкість залежить від потужності встановленого двигуна, міцності та надійності всіх вузлів та агрегатів, механічного, пневматичного та електричного обладнання та встановлюється заводом-виробником.

Критична швидкість характеризує можливість автобуса долати ухили та підйоми, що зустрічаються на трасі автобусного маршруту.

Гранично допустима швидкість руху обмежується умовами безпеки руху, відстанню гальмівного шляху, станом дороги та рухомого складу. Визначення допустимих швидкостей руху на автобусному транспорті в залежності від місцевих умов є дуже складним та актуальним завданням.

Значення середньоходової швидкості руху залежить головним чином конструкції та динамічних якостей автобуса, тобто. від величини прискорення, уповільнення та швидкості руху. На середньоходову швидкість також впливає інтенсивність та організація вуличного руху, наявність перетинів, поздовжній профіль та стан шляху,

Технічна швидкість руху характеризує весь комплекс конструктивних властивостей автобуса.

Середньоходова та технічна швидкості руху значною мірою залежать від майстерності водіння автобуса водієм, погодних умов, пори року та ін.

У свою чергу, час руху рухомого складу може бути представлений як час розгону, час руху з постійною швидкістю, час гальмування і час короткочасних зупинок в дорозі.

Список посилань:

1. Войтов, А. В., & Чугай, А. О. (2025). Форми і методи координації роботи різних видів транспорту.

2. Vojtov, V., Kravtsov, A., Voitov, A., Berezhna, N., Sysenko, I., Kryvenko, L., & Babaryka, I. (2024). The concept of assessing the ergonomic stability of the traffic flow of large places with the balance of the dynamics of changes in flow factors. ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК. ТЕХНІЧНІ НАУКИ
Учредители: Central Ukrainian National Technical University, 2(9), 256-272.

3. Войтов, А. В., & Кузнець, В. О. (2025). Елементи перевізного процесу та їх технологічний зв'язок.

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ МІСТКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

*Кравцов А.Г., к.т.н., Вишинський Д. О., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

**JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF A REASONABLE CAPACITY OF VEHICLES
FOR URBAN PASSENGER TRANSPORTATION**

*Kravtsov A, PhD, Vyshinsky D, bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Сучасний стан системи міських пасажирських перевезень України характеризується наявністю значної кількості економічних, організаційних та технічних проблем [1]. Одним із найбільш актуальних питань залишається забезпечення ефективного функціонування міського пасажирського транспорту та визначення перспектив його подальшого розвитку в умовах постійного зростання потреб населення у якісних транспортних послугах. У сучасних економічних умовах діяльність підприємств міського пасажирського транспорту ускладнюється через значну диспропорцію між витратами на здійснення перевезень та доходами від надання транспортних послуг.

Одним із найважливіших завдань організації міських пасажирських перевезень є обґрунтування вибору раціональної місткості транспортних засобів, що використовуються на маршрутній мережі міста [1]. Від правильного визначення пасажиромісткості рухомого складу залежить ефективність функціонування транспортної системи, рівень транспортного обслуговування населення, економічні результати діяльності перевізників та комфортність перевезень пасажирів. У сучасних умовах розвитку міст, зростання інтенсивності транспортних потоків і підвищення мобільності населення проблема вибору раціональної місткості автобусів набуває особливої актуальності.

Раціональна місткість транспортних засобів визначається сукупністю технічних, економічних, соціальних та експлуатаційних факторів [2]. Основним критерієм вибору є відповідність пасажиромісткості автобусів фактичним обсягам пасажиропотоків на конкретному маршруті. Недостатня місткість транспортних засобів призводить до переповнення салонів, погіршення комфортності поїздок, збільшення часу посадки та висадки пасажирів, а також підвищення рівня транспортної втоми населення. У свою чергу використання автобусів надмірно великої місткості на маршрутах із невисокими пасажиропотоками спричиняє нераціональне використання рухомого складу, збільшення витрат пального та зниження економічної ефективності перевезень.

Витратна складова перевезень формується під впливом світових цін на паливо, енергоносії, запасні частини та транспортні засоби, тоді як доходи транспортних підприємств залежать від рівня платоспроможності населення та тарифної політики держави і органів місцевого самоврядування [2]. У результаті значна частина міських пасажирських перевезень є збитковою, що негативно впливає на можливість оновлення рухомого складу, розвиток транспортної інфраструктури та підвищення якості обслуговування пасажирів. За таких умов транспортні підприємства змушені скорочувати витрати, що нерідко супроводжується погіршенням комфортності перевезень, збільшенням строків експлуатації транспортних засобів та зменшенням витрат на їх технічне обслуговування. Це негативно позначається на фізичному та психологічному стані пасажирів, підвищує рівень стомлюваності населення, знижує продуктивність праці та загальний рівень комфорту міського середовища [3].

Міський пасажирський транспорт є важливою складовою соціально-економічної системи міста, забезпечуючи мобільність населення, доступність робочих місць, навчальних закладів, медичних та адміністративних установ. Особливе місце у структурі міських

перевезень займають автобусні перевезення, які завдяки своїй гнучкості та доступності залишаються одним із найпоширеніших видів громадського транспорту в Україні. Саме автобусний транспорт забезпечує транспортне сполучення між житловими районами, промисловими зонами та об'єктами соціальної інфраструктури [1].

Протягом останніх років на ринку транспортних послуг суттєво зросла кількість приватних автотранспортних підприємств і перевізників. Це пояснюється збільшенням попиту населення на транспортні послуги, розвитком міської інфраструктури, зростанням рівня урбанізації та прагненням населення до скорочення витрат часу на пересування [4]. Разом із тим зростання кількості транспортних засобів на маршрутах спричиняє підвищення навантаження на вулично-дорожню мережу міст та ускладнює організацію транспортного процесу.

На якість транспортного обслуговування значний вплив мають технічний стан рухомого складу, умови експлуатації транспортних засобів, інтервали руху, рівень завантаження салонів та організація маршрутної мережі. Важливими факторами є також марка автобуса, рік його випуску, рівень шуму, вібрації, температурний режим та наявність сучасних систем вентиляції й кондиціонування [3]. Неприятливі умови поїздки можуть викликати підвищену втому пасажирів, психологічний дискомфорт та погіршення самопочуття.

Одним із ключових завдань організації міських перевезень є вибір оптимальної структури рухомого складу та визначення необхідної кількості транспортних засобів для роботи на маршрутній мережі міста. При цьому важливо враховувати не лише економічні показники роботи транспорту, але й рівень комфортності та безпеки перевезень для пасажирів [2]. Використання сучасних автобусів із високими екологічними та технічними характеристиками дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування та зменшити негативний вплив транспорту на довкілля. У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження інноваційних технологій в управління міськими пасажирськими перевезеннями. Використання GPS-моніторингу, електронного квитка, автоматизованих систем диспетчерського управління, цифрових сервісів інформування пасажирів та інтелектуальних транспортних систем сприяє підвищенню ефективності функціонування транспортної системи та покращенню умов перевезень [5].

Отже, сучасна система міських пасажирських перевезень України функціонує в умовах значних економічних та організаційних труднощів, які негативно впливають на якість транспортного обслуговування населення. Незважаючи на це, міський пасажирський транспорт залишається важливою складовою соціально-економічного розвитку міст та забезпечення мобільності населення. Подальший розвиток транспортної галузі потребує комплексного підходу, який передбачає оновлення рухомого складу, удосконалення маршрутної мережі, впровадження сучасних інформаційних технологій та підвищення рівня комфортності й безпеки перевезень. Реалізація таких заходів сприятиме підвищенню ефективності роботи міського транспорту, покращенню якості транспортних послуг та забезпеченню сталого розвитку міської транспортної системи.

Список посилань:

1. Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. Міський пасажирський транспорт : підручник. Київ : НТУ, 2022. 412 с.
2. Бутенко О. П., Давидич Ю. О. Управління транспортними процесами : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2022. 274 с.
3. Горбачов П. Ф., Бідняк М. Н. Пасажирські перевезення та організація транспортного процесу : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2021. 318 с.
4. Шраменко Н. Ю. Розвиток ринку транспортних послуг у великих містах України. Вісник ХНАДУ. 2023. № 101. С. 44–52.
5. Транспортна стратегія України на період до 2030 року. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 56 с.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ У МЕЖАХ МІСТА

*Войтов В. А., доктор технічних наук, професор,
Горошко А. С., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

ORGANIZATION OF TRANSPORTATION OF PACKAGED CARGO WITHIN THE CITY BOUNDARIES

*Vojtov V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Horoshko A. S., PhD Student
State Biotechnological University*

Україна є однією з провідних країн виробників молока у світі та з показником близько 2% світового обсягу посідає 9 місце. У структурі валової продукції сільського господарства виробництво молока становить 13-15 відсотків (15,0% – 2020), для порівняння, загальний обсяг продукції тваринництва – 30%. Дані показники демонструють важливість молочної галузі. Сире молоко, що надходить на переробні молочні підприємства є основним сировинним компонентом для цілої низки базових продовольчих товарів, які споживаються населенням: вершкове масло, сухе молоко, сири, кисломолочна та цільномолочна продукція, дитяче харчування та інше.

Україна традиційно має сильні позиції на ринку як експортер молочної продукції, у рейтингу країн постачальників вона займає: по вершковому маслу – 6 місце, сирам – 7, сухому знежиреному молоку – 7. Загалом, експорт молочних продуктів в перерахунку на первинну продукцію у 2020-2024 роках складав 7-9%, а у 2024 році він зріс до 10%. Імпорт останні три роки не перевищує 1,5% [1].

Аналіз витрат на транспортування молочної продукції в межах міста показує, що вагомий внесок в кінцеву ціну на молочні продукти вносить транспортне забезпечення. Це актуально при наявності розголушеної схеми доставки до торгових точок міста. До розголушеної схеми доставки додається дотримання температурного режиму та час доставки продукції, які обумовлені договорами на поставку. Тому побудова оптимальних схем доставки такого специфічного вантажу, як молочна продукція, вибір відповідного рухомого складу для даного виду вантажу і створення правильних умов при всіх роботах з вантажем є актуальним завданням. В сучасних умовах правильний вибір рухомого складу, технологічних схем доставки, раціональних маршрутів доставки дозволяє швидко і якісно перевозити молочну продукцію без втрати споживчих і смакових якостей.

Для раціонального використання рухомого складу під час перевезення дрібних партій вантажів, коли обсяг відправлення або отримання значно менший за вантажопідйомність автомобіля, доцільно організувати розвізні маршрути. Водночас їх планування потребує врахування численних технологічних обмежень і опрацювання значних обсягів вихідних даних. Унаслідок цього перевезення дрібнопартійних вантажів обходиться дорожче порівняно з транспортуванням масових вантажів. Для забезпечення належного рівня обслуговування вантажовласників важливо не лише доставити визначений обсяг продукції, а й виконати це у встановлені строки, що ускладнює формування оптимальних маршрутів і вибір раціональної вантажопідйомності транспортних засобів [1-2].

З огляду на недостатню ефективність організації перевезень дрібних партій вантажів, актуальним є пошук шляхів удосконалення транспортного процесу з метою зменшення витрат ресурсів автотранспортного підприємства та підвищення якості обслуговування.

Обслуговування вантажовласників в умовах невизначеності та змінного попиту протягом доби потребує розроблення й удосконалення існуючих підходів і моделей формування технології організації розвізних маршрутів з урахуванням інтересів як

замовника (щодо строків доставки), так і перевізника (щодо оптимізації використання ресурсів) [1–2].

У сучасних умовах функціонування міського вантажного транспорту виникає необхідність удосконалення процесів перевезення з урахуванням характеристик транспортної мережі міста, специфіки вантажів (зокрема молочної продукції), а також вимог і умов діяльності вантажовідправників та вантажоодержувачів. Це передбачає застосування раціональних маршрутів і відповідних типів транспортних засобів. У зв'язку з цим доцільним є використання алгоритмічного підходу з його програмною реалізацією, що дозволяє ефективно вирішувати задачі доставки дрібнопартійних вантажів з урахуванням їх особливостей і багатокритеріального характеру задачі, а також значної кількості учасників перевізного процесу в умовах сучасного міста [3].

Оптимізація маршрутів руху вантажопотоків забезпечує узгоджену роботу всіх учасників логістичної системи. Відповідно до логістичних підходів, маршрути повинні формуватися таким чином, щоб мінімізувати порожні пробіги та забезпечити своєчасне повернення транспортних засобів. У транспортній логістиці такі задачі зазвичай розв'язуються на основі критеріїв мінімізації експлуатаційних витрат або тонно-кілометрової роботи транспорту.

Транспортну задачу було розв'язано методом комівояжера, що дало змогу оптимізувати розвізний маршрут доставки молочної продукції від виробника (ТМ «Агропол») до торговельної мережі м. Харкова. У результаті довжина маршруту скоротилася з 30,9 км до 26,4 км, а холостий пробіг — з 8,7 км до 6,9 км. Водночас коефіцієнт використання вантажопідйомності залишився незмінним і дорівнює 0,924 через відсутність змін у масі вантажу та типі автомобіля.

Час перебування автомобіля на маршруті скоротився з 1,33 год до 1,11 год (на 16,54%), а тривалість його роботи протягом робочого дня зменшилася з 6,07 год до 5,93 год (на 2,3%).

Визначено експлуатаційні показники використання автомобілів-рефрижераторів за оптимальним маршрутом. Обрано автомобіль із об'ємом кузова 12,6 м³, який забезпечує підтримання температурного режиму +4...0 °С під час транспортування. Витрати палива у міських умовах становлять 18 л/100 км.

Порівняльний аналіз річної транспортної роботи за оптимальним і базовим маршрутами показав її зменшення на 9,67 %, що сприяє скороченню витрат паливно-мастильних матеріалів.

Проведено розрахунок економії паливно-мастильних матеріалів: річне зниження витрати палива для одного автомобіля-рефрижератора становить 13,45 %.

Розраховано собівартість перевезень за двома варіантами маршрутів. За оптимальним маршрутом вона становить 200,64 грн/т, тоді як за вихідним — 233,82 грн/т, що менше на 14,19 %.

Список посилань:

1. Ткачук С.П. Розвиток ринку молока та молокопродуктів України в умовах його адаптації до вимог Європейського Союзу / С.П. Ткачук // Біоресурси і природокористування. – 2015. – Т. 7. № 1/2. – С. 145–151.

2. Карпенко В.Л. Аналіз стану розвитку молокопереробної галузі України / Вісник Хмельницького Національного університету. Економічні науки. 2020, №5, с.90-101. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-286-5-18

3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. Applied Sciences. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WASTE SEGREGATION IN HOUSEHOLDS BASED ON THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE CONTENT OF SELECTIVE COLLECTION CONTAINERS IN THE ŻORY

Taras Shchur, PhD, State Biotechnological University, Ukraine

Wiktoria Bandala, Silesian University of Technology, Poland

Introduction. The effectiveness of selective municipal waste collection is a key element in assessing the performance of municipal waste management systems. Achieving the required recycling rates depends not only on the mass of waste collected separately, but primarily on the quality of the separated fractions and their contamination levels. In practice, correct segregation at source determines the feasibility of further processing of secondary raw materials and the operating costs of the system. This article was prepared based on an engineering project assessing the effectiveness of waste segregation in households in Żory. The study was conducted using morphological analysis of the contents of exchangeable waste bags for three fractions: plastics and metals, paper, and glass. A total of 900 samples were analyzed, determining the proportion of fractions compatible with the container's intended use and the level of material contamination.

The aim of this article is to present the research results and assess the quality of segregation in the studied municipality based on mass and statistical indicators. The obtained results enable the identification of the most common segregation errors and indicate areas requiring improvement, particularly in terms of resident education and system organizational optimization [1].

The study was conducted in the city of Żory, which operates a selective municipal waste collection system based on a bag-based, interchangeable system for single-family homes. Residents collect waste in bags assigned to specific material fractions, which are then collected according to a schedule by the system operator. Three basic selective fractions were analyzed: plastics and metals, paper, and glass. The organizational system includes division into collection sectors, a register of properties covered by the system, and verification of correct sorting. In practice, however, the system's effectiveness depends on the actual level of compliance of bag contents with the declared fraction, which requires verification through empirical research. The primary research tool was morphological analysis of waste, which involved manually sorting the contents of bags and determining the mass share of individual material categories. A total of 900 samples were analyzed, covering representative batches of waste from various city sectors and from different collection dates, which allowed for the reduction of random factors. Each sample was weighed before analysis and then divided into the proper fraction (corresponding to the intended use of the bag) and extraneous fractions, including biodegradable waste, mixed waste, textiles, hygiene waste, and other materials not permitted in a given stream. After secondary segregation, individual material groups were weighed to the nearest 0.01 kg. Based on this, the percentage of contaminants in each sample and the average values for the entire study population were calculated. To ensure comparability of results, uniform classification criteria were applied, consistent with applicable guidelines for selective municipal waste collection. Additionally, a statistical analysis was performed, including determining the mean values, medians, standard deviations, ranges of variation, and the coefficient of variation for individual fractions. This enabled identification of sectors characterized by stable segregation performance and those with recurrent quality deviations. Distribution analysis also allowed detection of extreme values indicating improper sorting practices at the household level.

Results of the "Plastics and Metals" Fraction Analysis. For the plastics and metals fractions, significant variation in the quality of separation was observed between the studied sectors. The proportion of the proper fraction varied widely, indicating uneven levels of awareness among residents and differences in waste sorting practices. The most frequently identified contaminants were biodegradable waste and mixed municipal waste, as well as multi-material packaging that had not been properly emptied. Some samples also contained large metal items that should not have been included in this stream.

Detailed material breakdown confirmed that contamination frequently resulted from incorrect classification of packaging types and failure to remove residual contents. Even limited

contamination levels negatively affect mechanical sorting efficiency, increase the reject stream directed to mixed waste processing, and reduce the economic value of recovered recyclables [1].

Various levels of material purity were noted in the paper stream. The dominant contaminants were food packaging with visible organic soiling, coated paper, and foil components. Some samples contained multi-material beverage cartons, which should not be classified as clean paper. A significant problem was the presence of damp and dirty paper waste, which reduces its raw material value and complicates the recycling process. Elevated moisture content increases transport weight without increasing recyclable yield and may impair fiber recovery during pulping. Variability across sectors suggests that informational guidelines regarding acceptable paper types are not uniformly understood or applied [1].

Results of the "Glass" Fraction Analysis fraction was characterized by the relatively highest level of material purity compared to the other streams analyzed. Nevertheless, some samples contained ceramics, heat-resistant glass, and small construction waste. These contaminants may disrupt the cullet melting process by introducing materials with different thermal properties, leading to defects in final glass products. The analysis also revealed the presence of metal elements (e.g., caps) left on glass packaging. While technologically less problematic than ceramic contamination, their occurrence indicates incomplete compliance with segregation rules. Compared to other fractions, glass showed lower dispersion of contamination indicators, suggesting greater clarity of sorting instructions and simpler material identification by residents. Overall, the expanded dataset provided a detailed quantitative basis for assessing sectoral differences and identifying priority areas for system optimization [1].

Analysis of 900 waste samples collected selectively in Żory revealed measurable and repeatable levels of contamination in all three fractions studied. The highest proportion of foreign fractions was recorded in the plastics and metals stream, dominated by mixed waste, bio-waste, and multi-material packaging, including unemptied food packaging. In the paper fraction, significant problems included organic soiling, elevated humidity, and the presence of beverage cartons.

The variability of results between sectors confirms the uneven level of segregation accuracy and the lack of uniform application of the rules by residents. This indicates the need to implement spatially and problem-specific measures. The following were proposed:

- introducing sectoral quality analysis with systematic feedback for residents (e.g., quality reports for individual regions),
- periodic bag content inspections combined with a system of administrative warnings,
- clarifying local waste sorting guidelines, particularly regarding the classification of multi-material and soiled packaging,
- intensifying educational activities based directly on the results of morphological analysis,
- considering incentive mechanisms, such as differentiated fees for repeated violations.

In addition, the rationale for introducing periodic quality monitoring as an element of ongoing system oversight was indicated, which would enable the assessment of the effectiveness of implemented corrective actions. The results clearly indicate that improving waste sorting efficiency requires the integration of control tools, precise information messages, and organizational and financial instruments that directly impact the source of waste. The presented results confirm that morphological analysis is an effective diagnostic tool for quantitatively assessing the quality of selective waste collection. Systematic use of this type of analysis allows not only the identification of current irregularities but also the monitoring of the long-term effects of implemented corrective actions. Implementation of the proposed solutions can contribute to increased recycling rates and stabilization of the quality of raw material streams in the municipal waste management system [1].

References

1. Bandała W. Ocena efektywności segregacji odpadów w gospodarstwach domowych na podstawie analizy morfologicznej zawartości pojemników ze zbiórki selektywnej w gminie Żory. Politechnika Śląska (2026).

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРІОРИТЕТНОГО РУХУ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ МІСТ

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Горяїнов О.М., к.т.н., доцент;

Дейкало М.С, здобувач

Державний біотехнологічний університет

IMPROVEMENT OF PRIORITY TRANSIT MOVEMENT ORGANIZATION IN LARGE

M. V. Karnaukh, PhD in Engineering, Associate Professor;

O. M. Goryayinov, PhD in Engineering, Associate Professor;

M. Deikalo, researcher

State Biotechnology University

Маршрутний пасажирський транспорт є головним засобом забезпечення мобільності мешканців великих міст України – його частка у структурі пасажирських перевезень становить 55–70 % від загальної кількості поїздок. Проте в умовах зростаючої автомобілізації (понад 230 автомобілів на 1 000 мешканців) середня швидкість сполучення маршрутного транспорту знизилася за останні десять років з 18–22 км/год до 13–16 км/год – на 25–30 %. Затримки маршрутних транспортних засобів у транспортних потоках становлять від 35 до 55 % загального часу рейсу, що спричиняє суттєве збільшення витрат перевізників та відтік пасажирів до індивідуального автомобільного транспорту [1].

Ця тенденція є небезпечною з точки зору сталого розвитку міст: відмова мешканців від громадського транспорту на користь особистого автомобіля ще більше збільшує завантаженість вуличної мережі, утворюючи замкнене коло погіршення умов руху. Маршрутний транспорт у середньому забезпечує у 3,5–8,0 разів вищу пасажироємність смуги вуличної мережі порівняно з індивідуальним автомобілем: один автобус стандартного класу перевозить 80–100 пасажирів, тролейбус – 100–130, трамвай – 150–200 пасажирів, що у 20–40 разів перевищує середнє завантаження легкового автомобіля. Ця обставина є фундаментальним обґрунтуванням принципу надання пріоритету маршрутному транспорту у розподілі вуличного простору. Досвід провідних міст світу – Лондона, Амстердама, Цюриха, Гельсінкі – підтверджує, що комплексне впровадження заходів пріоритету дозволяє скоротити час поїздки на 15–30 %, підвищити пунктуальність рейсів на 20–40 % та залучити додаткових пасажирів з індивідуального транспорту [2].

Натурні обстеження, проведені на 8 магістральних вулицях Харкова загальною довжиною 42,6 км (понад 42 000 спостережень), виявили три головні джерела затримок маршрутного транспорту: на регульованих перехрестях – 38,3 % (82 с/км), у транспортних заторах – 28,5 % (61 с/км), на зупинкових пунктах – 19,6 % (42 с/км). Середня фактична швидкість сполучення на досліджуваних вулицях становить 15,6 км/год у годину пік. Статистичний аналіз зібраних даних встановив закони розподілу затримок: на перехрестях вони підпорядковуються нормальному закону, перегінні та зупинкові – логнормальному, черги – показниковому. Кількісні залежності між параметрами транспортних потоків і затримками маршрутного транспорту стали основою для розробки математичної моделі вибору та параметричного обґрунтування заходів пріоритетного руху, що є головним науковим результатом роботи [3].

Аналітична модель оцінки ефективності виділеної смуги для маршрутного транспорту.

Виділена смуга для маршрутного транспорту є одним із найбільш дієвих і відносно малозатратних заходів пріоритетного руху. Для кількісного обґрунтування доцільності її запровадження розроблено аналітичну модель, що оцінює наслідки перерозподілу смуг для

всіх учасників руху. Ступінь насичення суміжних (загальних) смуг після виділення однієї смуги для маршрутного транспорту:

$$x_{\text{заг}} = (N - N_{\text{MT}}) / ((n - 1) \cdot C), \quad (1)$$

де N – загальна інтенсивність руху, авт./год; N_{MT} – інтенсивність маршрутного транспорту, од./год; n – кількість смуг руху; C – пропускна здатність однієї смуги, авт./год.

Умовою доцільності виділення смуги є одночасне виконання двох вимог:

$$E_{\text{смуга}} > 0 \quad \text{та} \quad x_{\text{заг}} \leq x_{\text{кр}}, \quad (2)$$

де $E_{\text{смуга}}$ – інтегральний критерій ефективності (сумарний виграш у пасажиро-годинах для всіх учасників руху), пас.-год/год; $x_{\text{кр}}$ – критичне значення ступеня насичення, рекомендоване значення – 0,85.

Інтегральний критерій ефективності виділеної смуги:

$$E_{\text{смуга}} = \Delta T_{\text{пас}} - \Delta T_{\text{авт}} = \Delta d_{\text{пер.з}} \cdot L \cdot k_d \cdot P_{\text{MT}} - \Delta d_{\text{заг}} \cdot L \cdot P_{\text{авт}}, \quad (3)$$

де $\Delta T_{\text{пас}}$ – виграш у пасажиро-годинах для пасажирів маршрутного транспорту, пас.-год/год; $\Delta T_{\text{авт}}$ – додаткові витрати часу пасажирів загального потоку, пас.-год/год; $\Delta d_{\text{пер.з}}$ – скорочення перегінної затримки маршрутного транспортного засобу на 1 км, год/км; L – довжина ділянки, км; k_d – коефіцієнт дотримання режиму виділеної смуги; P_{MT} – пасажиропотік маршрутного транспорту, пас./год; $\Delta d_{\text{заг}}$ – збільшення затримки автомобіля на 1 км внаслідок перерозподілу смуг, год/км; $P_{\text{авт}}$ – кількість пасажирів у загальному потоці, пас./год.

Розрахунки для 8 досліджуваних магістральних вулиць Харкова показали доцільність виділення смуги на 6 із них (таблиця 1). На вул. Клочківській та вул. Академіка Павлова виділення смуги недоцільне: мала кількість смуг (3 і 2 відповідно) призводить до того, що після перерозподілу ступінь насичення суміжних смуг перевищує критичне значення 0,85.

Таблиця 1 – Розрахункові показники ефективності виділеної смуги (годинний пік, виділення недоцільне)

пр. Науки		1 820	4	3 240	0,72	+48,4
пр. Перемоги		2 100	4	4 520	0,76	+86,2
вул. Пушкінська		980	3	1 640	0,64	+22,8
пр. Гагаріна		1 680	4	2 980	0,68	+41,6
пр. Льва Ландау		1 950	4	3 580	0,74	+54,8
вул. Сумська		1 340	3	2 120	0,82	+16,2
вул. Клочківська		1 450	3	2 180	0,88	-12,6 ×
вул. Ак. Павлова		1 120	2	1 820	0,92	-18,4 ×

Модель розрахунку параметрів системи пріоритетного регулювання на перехрестях.

Розрізняють три основні режими TSP. Активний пріоритет (Green Extension / Red Truncation) – при наблизенні маршрутного транспортного засобу система або подовжує поточну зелену фазу, або достроково завершує червону незалежно від дотримання розкладу; забезпечує максимальне скорочення затримок. Умовний пріоритет (Conditional TSP) –

пріоритет надається лише при відставанні від розкладу більш ніж на встановлений поріг (60 с); забезпечує баланс між потребами маршрутного транспорту та загального потоку. Пасивний пріоритет – параметри світлофорного регулювання оптимізуються заздалегідь без бортового обладнання та зв'язку у реальному часі. Цільова функція моделі – мінімізація зваженої суми затримок усіх учасників руху на перехресті:

$$D_{\text{заг}} = D_{\text{мт}} \cdot W_{\text{мт}} + D_{\text{авт}} \cdot W_{\text{авт}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де $D_{\text{мт}}$, $D_{\text{авт}}$ – середні затримки маршрутного транспортного засобу і загального потоку на перехресті, с; $W_{\text{мт}}$ – ваговий коефіцієнт для маршрутного транспорту (кількість пасажирів у маршрутному транспортному засобі); $W_{\text{авт}}$ – ваговий коефіцієнт для загального потоку (середнє наповнення автомобіля).

Необхідна тривалість розширення зеленої фази (Green Extension):

$$\Delta t_z = t_{\text{пр}} - t_{\text{зел}} \cdot K_{\text{зел}}, \quad (5)$$

де $t_{\text{пр}}$ – час прибуття маршрутного транспортного засобу до стоп-лінії від моменту детектування, с; $t_{\text{зел}}$ – тривалість поточної зеленої фази, с; $K_{\text{зел}}$ – частка зеленої фази, що вже минула на момент детектування.

Обмеження на тривалість розширення з умови забезпечення мінімальної якості обслуговування суміжних фаз:

$$\Delta t_z \leq \Delta t_{z, \text{макс}} = (t_{\text{ц}} - t_{\text{ц.хв}}) / 2, \quad (6)$$

де $t_{\text{ц}}$ – тривалість поточного світлофорного циклу, с; $t_{\text{ц.хв}}$ – мінімально допустима тривалість циклу, с.

Скорочення затримки маршрутного транспортного засобу від застосування TSP:

$$\Delta d_{\text{тсп}} = d_{\text{пер.без}} - d_{\text{пер.з}} = t_{\text{ц}} \cdot (1 - K_{\text{зел}})^2 / 2, \quad (7)$$

де $d_{\text{пер.без}}$, $d_{\text{пер.з}}$ – затримки маршрутного транспортного засобу на перехресті без TSP та з TSP відповідно, с.

Розрахунки за формулами (4)–(7) для 6 пріоритетних перехресть показали, що TSP скорочує затримки маршрутного транспорту на 40–50 % (таблиця 2). Активний пріоритет рекомендується для перехресть із пасажиропотоком понад 3 000 пас./год, умовний – при меншому пасажиропотоці [4].

Таблиця 2 – Параметри і ефективність системи TSP на пріоритетних перехрестях

Перехрестя	Цикл, с	Затримка без TSP, с	Режим TSP	Затримка з TSP, с	Скор., %
пр. Науки / вул. Ак. Павлова	120	54,8	Активний	28,4	48,2
пр. Науки / пр. Героїв Харкова	90	41,2	Умовний	24,6	40,3
пр. Перемоги / вул. Клочківська	120	62,4	Активний	31,2	50,0
пр. Перемоги / вул. Ак.	100	48,6	Активний	26,8	44,8

Перехрестя	Цикл, с	Затримка без TSP, с	Режим TSP	Затримка з TSP, с	Скор., %
Павлова					
пр. Гагаріна / вул. Одеська	90	38,4	Умовний	22,4	41,7
пр. Льва Ландау / вул. Біологічна	120	58,2	Активний	30,4	47,8

Інтегральний показник ефективності та вибір оптимального комплексу заходів пріоритету.

Для обґрунтованого порівняння альтернативних варіантів заходів пріоритетного руху розроблено систему чотирьох критеріїв: транспортного (скорочення затримок, ваговий коефіцієнт $w = 0,45$), економічного (грошовий еквівалент виграшу у часі пасажирів, $w = 0,30$), екологічного (скорочення викидів CO₂, $w = 0,15$) та критерію безпеки (зменшення конфліктних ситуацій, $w = 0,10$). Вагові коефіцієнти встановлено методом попарних порівнянь за шкалою Сааті за результатами експертного опитування фахівців. Інтегральний показник ефективності варіанта заходів:

$$I_{\text{інт}} = \sum (w_j \cdot K_j(i) / K_{j,\text{макс}}), \quad (8)$$

де $I_{\text{інт}}$ – інтегральний показник ефективності варіанта заходів (діапазон 0...1); w_j – ваговий коефіцієнт j -го критерію ($\sum w_j = 1$); $K_j(i)$ – значення j -го критерію для i -го варіанта; $K_{j,\text{макс}}$ – максимальне значення j -го критерію серед усіх варіантів.

Порівняльний аналіз шести варіантів заходів пріоритету за формулою (8) показав: найвищий інтегральний показник ($I_{\text{інт}} = 0,91$) має варіант 4 – комплексне впровадження виділеної смуги у поєднанні з активним TSP. Для вулиць з обмеженою пропускною здатністю (вул. Клочківська, вул. Академіка Павлова) рекомендується варіант 2 – лише активний TSP ($I_{\text{інт}} = 0,70$). Варіант пасивного умовного TSP без виділеної смуги виявився найменш ефективним ($I_{\text{інт}} = 0,56$) через невисоке скорочення затримок і відсутність впливу на перегінні затримки в заторах.

Комплекс організаційних рішень та техніко-економічна оцінка ефективності.

На основі результатів математичного моделювання розроблено удосконалений комплекс організаційних рішень, що включає чотири складові: виділені смуги на 6 вулицях загальною довжиною 28,4 км; TSP на 6 пріоритетних перехрестях (4 – активний, 2 – умовний режим); оптимізацію 34 зупинкових пунктів (реконструкція майданчиків, удосконалення оплати проїзду, встановлення інформаційних табло); організаційно-правові заходи забезпечення режиму виділених смуг. Загальний обсяг капіталовкладень – 17,94 млн грн.

Техніко-економічна оцінка запропонованих рішень виконана за трьома групами ефектів. Ефект для пасажирів визначено через виграш у часі поїздки при вартості однієї пасажиро-години 80–120 грн/год. Середня швидкість сполучення маршрутного транспорту після впровадження зростає з 15,6 до 19,0 км/год (+21,8 %); пунктуальність рейсів підвищується з 52 % до 88 %; нерегулярність руху скорочується на 58,6 %. Ефект для перевізника обраховано через скорочення часу рейсу та кількості резервного рухомого складу. Загальний щорічний економічний ефект:

$$E_{\text{рік}} = E_{\text{пас}} + E_{\text{пер}} - B_{\text{екс}}, \quad (9)$$

де $E_{\text{пас}}$ – щорічний ефект від виграшу пасажирів у часі, грн/рік; $E_{\text{пер}}$ – щорічна економія витрат перевізника, грн/рік; $B_{\text{екс}}$ – щорічні витрати на утримання і функціонування системи, грн/рік.

За формулою (9) загальний щорічний економічний ефект від виграшу пасажирів у часі та економії витрат перевізника становить 450,6 млн грн. Термін окупності капіталовкладень:

$$T_{ок} = K_{заг} / E_{рік} = 17\,940\,000 / 450\,600\,000 \approx 0,04 \text{ року}, \quad (10)$$

де $K_{заг}$ – загальний обсяг капіталовкладень, грн; $E_{рік}$ – щорічний економічний ефект, грн/рік.

Результат формули (10) відповідає терміну окупності близько 14 календарних днів. Надзвичайно короткий термін окупності обумовлений домінуючою роллю ефекту для пасажирів: щоденний виграш у часі для 180–240 тис. пасажирів, що користуються маршрутами на досліджуваних вулицях, за вартості години часу 80–120 грн/год генерує грошовий еквівалент, що багаторазово перевищує вартість впроваджених заходів. Це підтверджує виключно високу суспільну ефективність запропонованих організаційних рішень – навіть при консервативних оцінках параметрів [4].

Висновки. У роботі вирішено науково-практичне завдання удосконалення організації пріоритетного руху маршрутного транспорту у великих містах. Науковою новизною є комплексна аналітична модель, яка на відміну від існуючих підходів одночасно враховує затримки маршрутного транспорту на перехрестях і між перехрестями, пасажиропотоки та інтереси всіх учасників дорожнього руху. Натурні обстеження на 8 магістральних вулицях Харкова (42,6 км, понад 42 000 спостережень) встановили структуру затримок і кількісні залежності між параметрами транспортних потоків і затримками маршрутного транспорту. Розроблено аналітичну модель виділеної смуги (формули 1–3), що визначає умови її доцільності за двома критеріями: $E_{смуга} > 0$ та $x_{заг} \leq 0,85$; виділення смуги доцільне на 6 із 8 досліджуваних вулиць. Розроблено модель параметрів TSP (формули 4–7): активний пріоритет скорочує затримки на перехрестях на 40–50 % і рекомендується при пасажиропотоці понад 3 000 пас./год.

За результатами багатокритеріального аналізу (формула 8) найвищий інтегральний показник ($I_{інт} = 0,91$) має варіант комплексного впровадження виділеної смуги та активного TSP. Удосконалений комплекс організаційних рішень (виділені смуги на 6 вулицях загальною довжиною 28,4 км, TSP на 6 перехрестях, оптимізація 34 зупинкових пунктів) забезпечує: зростання швидкості сполучення з 15,6 до 19,0 км/год (+21,8 %); підвищення пунктуальності рейсів з 52 % до 88 %; скорочення нерегулярності руху на 58,6 %. Загальний щорічний економічний ефект становить 450,6 млн грн при капіталовкладеннях 17,94 млн грн і терміні окупності близько 14 днів. Розроблені моделі та алгоритми є універсальними і можуть застосовуватись для будь-якого великого міста з відповідним коригуванням параметрів на основі натурних обстежень.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307. 2023. <https://doi.org/10.3390/app13169307>
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ МОРОЗИВА ВІД ВИРОБНИКА ДО ТОРГІВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

*Бережна Н.Г., кандидат технічних наук, доцент
Войтова Н. О., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

CHOOSING THE OPTIMAL TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SCHEME FOR ICE CREAM DELIVERY FROM THE MANUFACTURER TO THE RETAIL NETWORK

*Berezhna N.G., Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Voitova N. O., PhD Student State Biotechnological University*

Історія виробництва морозива в промислових масштабах в СРСР починається лише після 1930 року. Анастас Мікоян, народний комісар внутрішньої та зовнішньої торгівлі СРСР, сприяв запуску лінії морозива для мас. Для цього було закуплено обладнання з США, вивірені рецепти та розроблений дизайн упакування.

Фабрики з виготовлення прохолодного десерту спочатку відкрилися в Москві та Ленінграді. Перші заводи, які виробляли морозиво в Україні, були відкриті в 1940 році в Києві та Харкові. У крамницях морозиво продавали багатьох видів — пломбір, крем-брюле, та шоколадом.

Згідно з результатами національного дослідження, проведеного компанією Research & Branding Group в Україні споживають морозиво 73,9% населення. За даними дослідження, в сезон дві третини споживачів купують морозиво з частотою від 1 до 3 разів на тиждень [1].

Лідерство на ринку України за обсягом виробництва морозива утримують: Житомирський маслозавод (ТМ «Рудь»), ТОВ «Ласунка» (ТМ «Ласунка»), ПрАТ «Геркулес» (ТМ «Геркулес»), компанія «Ласка» (ТМ «Ласка»), Львівський холодокомбінат (ТМ «Лімо»).

Згідно з результатами дослідження компанії Research & Branding Group, населення досить добре поінформоване про основні компанії-виробники морозива: більше третини споживачів добре знають 7 торгівельних марок морозива: ТМ «Ласунка» (64,5%), ТМ «Три ведмеді» (50%), ТМ Геркулес (47,5%), ТМ «Рудь» (48,8%), ТМ «Буржуй» (37,8%), ТМ «Ласка» (34,9%). При цьому свої переваги понад 70% споживачів морозива віддають наступним торгівельним маркам - «Ласунка», «Рудь», «Геркулес», «Три ведмеді», «Ласка», «Лімо»

Отже, вітчизняні виробники морозива повністю задовольняють вітчизняний попит. В Україні є близько 10 великих підприємств, що займають більше 90% українського ринку морозива та витісняють менші підприємства.

Сьогодні ТОВ «Хладопром» (ТМ Хладік) м.Харків, входить в п'ятірку найбільших виробників морозива та напівфабрикатів в Україні. У 2018 році обсяг випущеної продукції склав 6000 тонн. На підприємстві впроваджена система моніторингу якості продукції ISO 9001: 2008 та ISO 22000: 2005.

Практика транспортування морозива в межах України показує, що безліч організацій були приречені на невдачу, головним чином через невірне розуміння і використання принципів та методів при побудові оптимальних схем доставки такого специфічного вантажу, вибору відповідного рухомого складу для даного виду вантажу і створення правильних умов при всіх роботах з вантажем.

Тому, актуальність даної теми полягає у виборі ефективної схеми доставки морозива від виробника до торговельних точок в межах міста з найменшими витратами. В сучасних умовах правильний вибір рухомого складу, технологічних схем доставки, раціональних маршрутів доставки дозволяє швидко і якісно перевозити морозиво без втрати його споживчих і смакових якостей.

В сучасних умовах функціонування міського вантажного транспорту є потреба оптимізації процесу перевезення з врахуванням параметрів транспортної мережі міста, особливостей вантажів (морозиво), потреб і умов роботи вантажовідправників і вантажоодержувачів використовуючи оптимальні маршрути і типи транспортних засобів. Отже доцільно використовувати алгоритм і програмно його реалізувати, який би дав змогу вирішувати задачі розвезення дрібнопартійних вантажів, враховуючи їх особливий тип та характер задачі, що виражається в багатокритеріальності і значної кількості вантажовідправників та вантажоодержувачів в умовах сучасного міста [2-3].

Методом комівояжера вирішена транспортна задача, результатом рішення є оптимізація розвізного маршруту по доставці морозива від фірми - виробника Хладопром, (ТМ Хладік) до торгових точок м. Харкова. В результаті оптимізації розвізний маршрут скоротився з 37,7 км до значень 28,8 км. Холостий пробіг автомобіля скоротився з 7,1 км до значень 4,1 км.

Коефіцієнт використання пробігу за оптимальним маршрутом, в порівнянні з вихідним, збільшився з 0,84 до 0,87, що становить 3,57 %. Коефіцієнт використання вантажопідйомності не змінився, тому що маса вантажу, що перевозиться і марка автомобіля не змінилися й становить 1,0.

Час перебування автомобіля на маршруті зменшився з величини 1,12 години до значення 0,97 години, тобто на 13,39%. Час перебування автомобіля в наряді на протязі доби зменшився з величини 7,52 години до значення 6,17 години, тобто на 17,95 %.

Розраховано експлуатаційні показники використання рухомого складу за оптимальним маршрутом. **Обрано** автомобіль-рефрижератор з об'ємом морозильної камери 7,8 м³. Автомобіль-рефрижератор забезпечує температуру продукту під час транспортування не вище (-18 °С). Витрати палива у міському циклі експлуатації 18 літрів на 100 км. Порівнюючи отримані значення транспортної роботи за рік за оптимальним маршрутом, та значення транспортної роботи за рік за вихідним маршрутом, зроблено висновок про зниження транспортної роботи на 21,94 %.

Виконано розрахунок економії паливно-мастильних матеріалів при експлуатації транспортних засобів за оптимальним маршрутом. Розрахунковим шляхом встановлено, що зменшення витрати палива для одного транспортного засобу за рік у відсотках дорівнює 22,88 %.

Виконано розрахунок собівартості перевезень морозива за оптимальним та вихідним маршрутами. Результати розрахунків дозволяють зробити висновки, що собівартість перевезення 1 т вантажу за оптимальним маршрутом на 23,48 % менше, ніж за вихідним маршрутом. Собівартість 1 т*км за оптимальним маршрутом на 10,00 % менше, ніж за вихідним маршрутом.

Список посилань:

1. Skorobogatova N. Macroeconomic instability: its causes and consequences for the economy of Ukraine // EASTERN JOURNAL OF EUROPEAN STUDIES. — Volume 7, Issue 1, June 2016. - P. 63-80. [Електронне джерело]. - Режим доступу: http://ejes.uaic.ro/articles/EJES2016_0701_SKO.pdf
2. Конкурентоспроможність продукції на ринку морозива України [Електронний ресурс] І С. П. Усик, А. А. Кравченко // Ефективна економіка № 4. - 2014. - Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2970>.
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. Applied Sciences. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ТУРКМЕНИСТАНУ ЯК ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ХАБУ

*Бабан Т.О. к.е.н., доцент
Сапаєв А., студент
Державний біотехнологічний університет*

STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF TURKMENISTAN AS A TRANSPORT AND LOGISTICS HUB

*Baban T.O., Ph.D. in economics, associate professor
Sapayev A., student
State Biotechnological University*

Каспійський регіон у сучасних умовах трансформації світової економіки поступово набуває статусу потужного міжнародного транспортно-логістичного центру. В умовах зміни геоекономічної конфігурації та санкційної політики Заходу відкриваються нові можливості для активізації євразійських торговельно-економічних зв'язків, у яких Туркменістан відіграє дедалі важливішу роль.

Сучасна стратегія соціально-економічного розвитку Туркменістану базується на глибоких інституційних перетвореннях, спрямованих на формування ефективної ринкової економіки та підвищення її конкурентоспроможності. Ключовими пріоритетами державної політики є забезпечення економічної стійкості, подолання структурних дисбалансів і розширення інтеграції до світового господарства. Центральне місце в цій стратегії посідає розвиток транспортно-комунікаційного комплексу як основи міжнародної економічної інтеграції.

Географічне розташування Туркменістану на перетині стратегічних маршрутів «Північ–Південь» та «Схід–Захід» визначає його як перспективний транзитний вузол континентального значення. Саме використання цього геоекономічного потенціалу лежить в основі державної стратегії, спрямованої на перетворення країни на ключову ланку між ринками Європи, Азії та Близького Сходу. Скорочення відстаней і часу доставки вантажів через територію Туркменістану формує його конкурентні переваги у глобальних логістичних мережах.

Стратегічний курс держави передбачає активний розвиток міжнародних транспортних коридорів. Пріоритетними є напрями «Північ–Південь» і «Схід–Захід», а також мультимодальні маршрути Центральна Азія – Перська затока та Каспійсько-Чорноморський регіон. Реалізація цих напрямів забезпечується масштабними інфраструктурними проектами, зокрема будівництвом транскордонних залізниць, модернізацією автомобільних магістралей, створенням мостових переходів і розвитком авіаційної інфраструктури.

Особливе значення у стратегії розвитку має інтеграція Туркменістану до міжнародного транспортного коридору «Північ–Південь», який забезпечує з'єднання між країнами Індійського океану, Перської затоки та Європи. Участь у цьому проекті дозволяє значно оптимізувати логістичні маршрути, скоротити час перевезень і підвищити ефективність транзитних потоків. Паралельно реалізуються ініціативи у межах відновлення сучасної концепції Великого Шовкового шляху, що сприяє активізації торговельних потоків між Китаєм і країнами Євразії.

Ключовим елементом транспортно-логістичної стратегії є розвиток Міжнародного морського порту Туркменбаші, який виступає мультимодальним вузлом, інтегрованим у міжнародні коридори, зокрема TRASECA та «Лазурит». Завдяки сучасній інфраструктурі та високій пропускній здатності порт забезпечує ефективну взаємодію різних видів транспорту та сприяє формуванню нових логістичних маршрутів у Каспійському регіоні [7].

Важливим напрямом державної політики є цифровізація транспортно-логістичної сфери. Впровадження сучасних інформаційних систем, електронного документообігу, технологій відстеження вантажів та розвиток телекомунікаційної інфраструктури (включаючи мережі 4G/5G) спрямовані на підвищення ефективності логістичних операцій і забезпечення прозорості перевезень.

Значну роль у реалізації стратегії відіграє розвиток енергетичної інфраструктури, зокрема розгалуженої мережі газопроводів, що забезпечують експорт природного газу до ключових ринків, передусім Китаю та Ірану. Поєднання транспортних і енергетичних коридорів формує комплексну модель транзитної економіки.

Водночас ефективна реалізація стратегічних цілей потребує подолання елементів ізоляціонізму та активізації міжнародного співробітництва. У цьому контексті важливим кроком стало створення Асоціації «Туркменська логістика», яка сприяє розвитку партнерських зв'язків із міжнародними логістичними операторами та інтеграції країни у глобальні транспортні мережі.

Згідно з довгостроковими програмами розвитку, Туркменістан позиціонує себе як трансконтинентальний економічний міст між європейською, азійською та південноазійською економічними системами. Основний акцент зроблено на випереджальному розвитку транспортно-комунікаційного комплексу, який має забезпечити повну інтеграцію країни до світової транспортної системи.

Таким чином, стратегія розвитку Туркменістану спрямована на формування сучасного мультимодального транспортно-логістичного кластеру, що поєднує залізничні, автомобільні, морські, повітряні та трубопровідні перевезення. Реалізація цієї стратегії дозволить країні зміцнити свої позиції як одного з ключових транспортних вузлів Євразії та забезпечити довгострокове економічне зростання.

Список посилань:

1. Бабан Т.О., Худайкулова Н. Туркменістан – важливий транзитно-логістичний центр на перехресті транспортних шляхів Євразії. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Держ. біотехнол. ун-т, 22 трав. 2025 р. - Харків : ДБТУ, 2025. - С. 161-164.
2. Turkmenistan to join North-South transport Corridor. URL: <https://ia-centr.ru/publications/turkmenistan-prisoedinitnya-k-transportnomukoridoru-sever-yug/?ysclid=I9naqinyns339332718>
3. Turkmenistan is at the crossroads of the continent's main roads. URL: <http://turkmenistanlive.com/2016/11/28/%D1%82%D1%83%D1%80%>
4. Turkmenistan as a Key Logistics Hub of Eurasia. 2025. URL: <https://www.newscentralasia.net/2025/03/27/turkmenistan-as-a-key-logistics-hub-of-eurasia/>
5. The largest port on the Caspian Sea has been commissioned in Turkmenistan. URL: <https://turkmenportal.com/blog/14434/v-turkmenistane-vveden-v-stroisamyi-krupnyi-port-na-kaspii?ysclid=I9nwax765t566785009>
6. Rejepova O. Turkmenistan can be an important transportation hub of the future on the East-West and North-South routes. *Türkmenistan Altyn asyr.* 2024. URL: <https://turkmenistan.gov.tm/en/post/80008/turkmenistan-can-be-important-transportation-hub-future-east-west-and-north-south-routes>
7. Nigar Bayramli. Turkmenistan Increases International Rail Cargo Shipments. January 24, 2024. URL: <https://caspiannews.com/news-detail/turkmenistan-increases-international-rail-cargo-shipments-2024-1-23-39/>

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ

*Кравцов А.Г., к.т.н., Сушко М., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

OPTIMIZATION OF THE ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION ON BUS ROUTES

*Kravtsov A, PhD, Sushko M., bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Зростання обсягів пасажирських перевезень у приміському сполученні в Україні є стійкою тенденцією останніх років і зумовлюється, насамперед, посиленням трудової міграції населення, субурбанізаційними процесами, а також нерівномірністю розміщення робочих місць і соціальної інфраструктури [1; 2]. Значна частина населення щоденно здійснює маятникові переміщення між місцем проживання та місцем роботи або навчання, що формує високий рівень транспортного попиту саме на приміських маршрутах [2]. У таких умовах виникає об'єктивна необхідність залучення додаткової кількості транспортних засобів, а також удосконалення організації перевезень [3].

Разом із тим розвиток пасажирського автомобільного транспорту в Україні відбувається нерівномірно та не має достатньо системного характеру [4]. Основним джерелом інвестицій у галузь залишаються приватні перевізники, які орієнтуються передусім на швидку окупність вкладених коштів [1]. Це зумовлює пріоритетне придбання автобусів малої та особливо малої місткості, які потребують менших капіталовкладень і забезпечують гнучкість експлуатації [5]. Однак така практика не відповідає реальним потребам перевезень на маршрутах із високою інтенсивністю пасажиропотоків [2; 3].

У результаті транспортна мережа насичується маршрутними таксі, що призводить до низки системних проблем [3]. По-перше, спостерігається зростання експлуатаційних витрат у розрахунку на одного перевезеного пасажирів через низький коефіцієнт використання місткості [6]. По-друге, має місце нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів, що особливо актуально в умовах підвищення вартості пального [5]. По-третє, знижується рівень безпеки перевезень через перевантаження транспортних засобів, недотримання графіків руху та підвищену конкуренцію між перевізниками [2; 7]. Крім того, значна кількість маломістких автобусів створює додаткове навантаження на вулично-дорожню мережу, що спричиняє затори, зростання часу поїздки та погіршення екологічної ситуації [4].

Стан транспортної галузі України свідчить про те, що вона загалом забезпечує необхідні обсяги перевезень, проте не відповідає сучасним вимогам якості транспортного обслуговування [7]. Серед основних проблем можна виділити недостатній рівень комфорту, нерегулярність руху, невідповідність рухомого складу стандартам доступності для маломобільних груп населення, а також низький рівень цифровізації процесів управління перевезеннями [5; 8]. Це, у свою чергу, ускладнює інтеграцію транспортної системи України до європейського транспортного простору [1].

У контексті ринкових відносин основною метою діяльності транспортних підприємств є максимізація прибутку за умови задоволення попиту споживачів транспортних послуг [6]. Досягнення цієї мети можливе лише за рахунок оптимального поєднання економічної ефективності та високої якості обслуговування [3]. Саме тому особливої актуальності набуває задача обґрунтованого вибору типів, місткості та кількості транспортних засобів, які повинні відповідати параметрам пасажиропотоків на конкретних маршрутах [2; 5].

Ключовим елементом ефективного управління транспортними системами є наявність достовірної інформації про транспортний попит населення [4]. Таку інформацію отримують шляхом проведення обстежень пасажиропотоків, які дозволяють визначити обсяги перевезень, нерівномірність розподілу пасажирів за часом і напрямками, а також виявити «вузькі місця» у функціонуванні транспортної мережі [3; 8].

Сучасні методи дослідження включають як традиційні підходи (анкетування, візуальні спостереження), так і інноваційні технології (GPS-моніторинг, автоматизовані системи обліку пасажирів, аналіз великих даних) [5].

Формування пасажиропотоків визначається сукупністю соціально-економічних факторів, серед яких чисельність населення, рівень зайнятості, структура забудови, розміщення підприємств, навчальних закладів, торговельних і адміністративних центрів [1; 2]. Важливу роль відіграють також транспортно-планувальні характеристики території, такі як щільність транспортної мережі, наявність пересадочних вузлів та рівень розвитку альтернативних видів транспорту [4].

Отримані в результаті досліджень дані є основою для прийняття управлінських рішень у сфері організації перевезень [3]. Зокрема, вони використовуються для визначення оптимальних маршрутів руху, встановлення раціональних інтервалів руху, вибору типу та місткості транспортних засобів, розробки розкладів руху та оцінки ефективності функціонування транспортної системи [2; 6]. Основними показниками, що характеризують роботу пасажирського транспорту, є обсяг перевезень (кількість перевезених пасажирів) та пасажирооборот (добуток кількості пасажирів на відстань їх перевезення) [2]. Саме ці показники дозволяють оцінити ефективність використання рухомого складу та рівень задоволення транспортного попиту [6]. Важливим напрямом удосконалення приміських перевезень є впровадження сучасних підходів до організації транспортного процесу [5].

До таких підходів належать оптимізація структури рухомого складу (перехід до використання автобусів середньої та великої місткості на завантажених маршрутах), розвиток інтегрованих транспортних систем із єдиною тарифною політикою, впровадження інтелектуальних транспортних систем, використання екологічно чистих видів транспорту та цифровізація процесів управління перевезеннями [4; 8].

Таким чином, підвищення ефективності приміських пасажирських перевезень потребує комплексного підходу, що включає як технічні, так і організаційно-економічні заходи [3]. Реалізація таких заходів сприятиме покращенню якості транспортного обслуговування населення, зниженню витрат та підвищенню конкурентоспроможності транспортної галузі України [1; 7].

Список посилань:

1. Бойко Г. В. Транспортні системи і логістика : навч. посіб. – Київ : Центр учбової літератури, 2021. – 312 с.
2. Дмитриченко М. Ф., Левковець П. Р., Ткаченко А. М. Організація пасажирських перевезень : підручник. – Київ : НТУ, 2020. – 356 с.
3. Шраменко Н. Ю., Губенко В. М. Логістика пасажирських перевезень : монографія. – Харків : ФОП Бровін О.В., 2021. – 344 с.
4. Кравченко О. П., Шраменко Н. Ю. Міські транспортні системи : навч. посіб. – Харків : ХНАДУ, 2022. – 280 с.
5. Пономарьова Ю. В. Транспортна логістика : навч. посіб. – Київ : Ліра-К, 2023. – 298 с.
6. Мельник О. В., Ковальчук Т. І. Організація та планування транспортних процесів : навч. посіб. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 256 с.
7. Дикань В. Л., Назаренко І. Л. Управління транспортними системами : підручник. – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – 308 с.
8. Ковтун Т. А. Пасажирські перевезення: організація та управління : навч. посіб. – Одеса : ОНМУ, 2021. – 274 с.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ РУХУ ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРИГАТУ

Кусков М.А., старший викладач, д.ф., Державний біотехнологічний університет

DIRECTION CONTROL SYSTEM OF SEEDING MACHINE-TRACTOR UNIT

Kuskov M.A., Ph.D., State Biotechnological University (SBTU)

Керування напрямом руху посівного МТА забезпечується зміною траєкторії руху трактора. На траєкторію руху трактора зазвичай негативно впливають невизначеності та перешкоди, особливо від нерівного ґрунту. Як основний виконавчий механізм керування напрямом руху трактора використовується електрогідравлічна система рульового керування.

Схема алгоритму роботи системи керування напрямом руху трактора у складі посівного машинно-тракторного агрегату наведено на рис. 1.1. Вхідними параметрами для алгоритму роботи системи керування напрямом руху є ідеальна (задана) траєкторія, модель слідкування та динаміка трактора. Модель слідкування за шляхом визначає відхилення трактора від ідеальної (заданої) траєкторії та надсилає ці дані до моделі слідкування за кутом повороту рульового колеса.

При роботі системи трактор буде слідувати за заданою траєкторією руху під дією крутного моменту, що створений рульовою колонкою T_s та опору зворотного зв'язку від керованих коліс трактора T_f . Система керування напрямом руху трактора працює в режимі реального часу зчитуючи інформацію з датчиків та утворюючи керуючий момент.

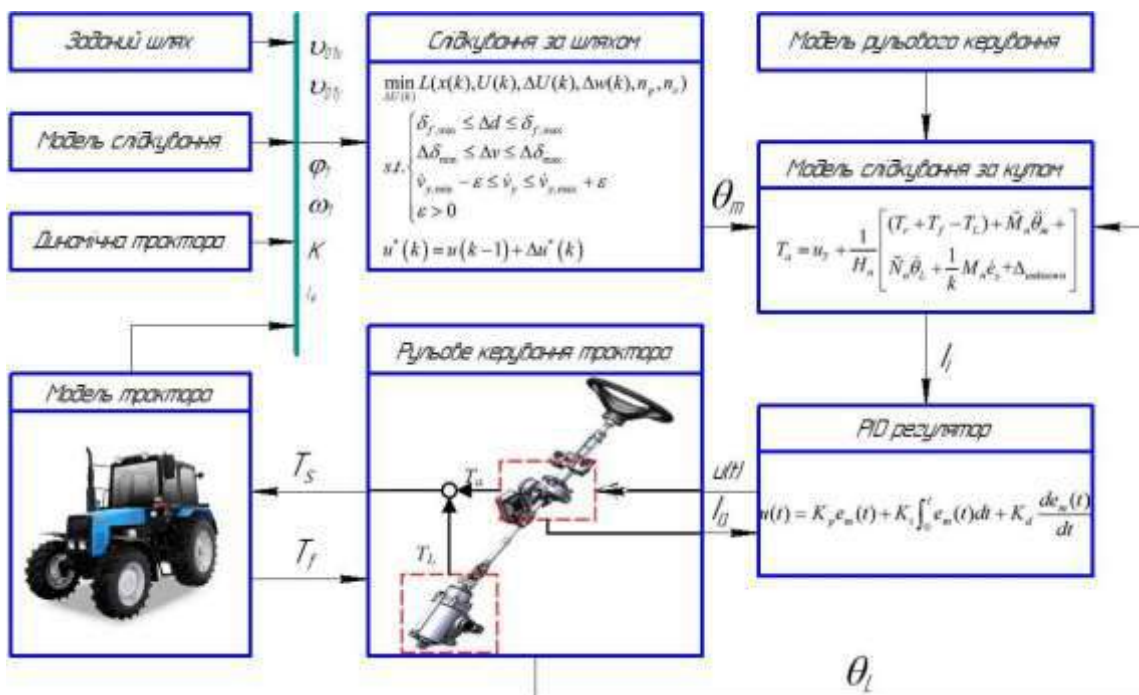


Рисунок 1.1 – Схема алгоритму роботи системи керування напрямом руху трактора у складі посівного машинно-тракторного агрегату

При відстеженні траєкторії руху трактора слід захищати вхідні дані від невизначеностей та перешкод під час роботи в полі, а також інші показники, такі як швидкість реакції, точність контролю кута повороту трактора навколо вертикальної осі, географічного місця розташування, витрати палива тощо. Таким чином, задача відстеження траєкторії руху трактора є багатоцільовою задачею оптимізації.

Запропонована архітектура система керування напрямом руху посівного машинно-

тракторного агрегату дозволяє з високою точністю відстежувати траєкторії руху враховуючи невизначеності та перешкоди від профілю опорної поверхні. Виконано синтез електрогідравлічної системи рульового керування з урахуванням невизначеностей та збурень параметрів. Максимальна похибка відстеження траєкторії руху трактора складає 1,1 % та 3 % відповідно при додаванні перешкод.

Список посилань:

1. Антощенко Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125–135. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-3-51>.
2. Калінін Є. І., Кусков М. А., Бельорін-Еррера О. М. Особливості повороту шарнірно-зчленованого трактора. *Сучасні інформаційні системи*, 2022. № 6(1). С. 30–33. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.1.021>.
3. Кусков М. А. Коливання траєкторій тракторів та сільськогосподарських машин. *XXI-й Міжнародний форум молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті»*. Збірка матеріалів форуму. Харків: ДБТУ, 2025. С. 233-234.
4. Кусков М. А., Бачура І. А., Ветренко А. Д. Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату покращенням динаміки причіпної машини. *Матеріали науково-практичної конференції «Технічний прогрес в АПВ»*, 2024. С. 218 – 220.
5. Бойко Р. В., Кусков М. А., Антощенко Р. В. Розробка та оцінка системи напівактивної підвіски для тракторів. *Молодь і технічний прогрес в АПВ : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Держ. біотехнол. ун-т, 23-24 листопада 2023 р. Харків, 2023*. С. 321–322.
6. Задорожний В. П., Кусков М. А., Антощенко Р. В. Розробка системи автоматичної керування трансмісією трактора. *Матеріали науково-практичної конференції «Молодь та технічний прогрес в АПВ»*, 2023. С. 340–343.
7. Калінін Є. І., Петров Р. М., Кусков М. А. Аналітичний огляд досліджень у галузі діагностування машин та їх систем в експлуатації. *Крамаровські читання : тези доп. IX Міжнар. наук.-техн. конф. з нагоди 115 річниці від дня народж. д-ра техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віце-президента ВАСГН Крамарова В. С. (1906-1987 рр.), 24-25 лют. 2022 р. Київ : НУБіП України, 2022*. С. 388–390.
8. В. Адамчук, В. Булгаков, В. Надикто, В. Кюрчев, В. Камінський. Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 2022. Вип. 100(10). С. 29–36. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-04>.
- В. Адамчук, В. Булгаков, В. Надикто, О. Троханяк, Т. Чорна. Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 2023. Вип. 101(5). С. 57–64. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202305-08>.
9. Ditzler L., Breland T. A., Francis C., Chakraborty M., Singh D. K., Srivastava A., Eyhorn F., Groo, J. C. J., Six J., Decock C. Identifying viable nutrient management interventions at the farm level: The case of smallholder organic Basmati rice production in Uttarakhand, India. *Agricultural Systems*, 2018. Vol. 161, PP. 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.12.010>.
10. Xiao Y., Han Y., Jia F., Liu H., Li G., Chen P., Meng X., Bai S. Experimental study of granular flow transition near the outlet in a flat-bottomed silo. *Biosystems Engineering*, 2021. Vol. 202, PP. 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.11.013>.
11. Hu F., Xu C., Li H., Li S., Yu Z., Li Y., He X. Particles interaction forces and their effects on soil aggregates breakdown. *Soil and Tillage Research*, 2015. Vol. 147. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.11.006>.
12. Zhang X., Yu S., Hu X., Zhang L. Study on rotary tillage cutting simulations and energy consumption predictions of sandy ground soil in a Xinjiang cotton field. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2024. Vol. 217, 108646. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108646>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИМ УПРАВЛІННЯМ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ

Захарченко М. Б., к.т.н.

Великодний Д.О., к.т.н.

Дубінецький В.В., к.п.н.

Дьяченко В.О. викладач

ВСП Автотранспортний коледж КНУ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LOGISTICS MANAGEMENT OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

Zakharchenko M., PhD,

Velykodnyy D., PhD,

Dubinetskyi V., PhD,

Dyachenko V.

VSP Motor Transport College of KNU

Сучасний стан системи міського пасажирського транспорту (МПТ) відіграє важливу роль в забезпеченні життя міста, у вирішенні широкого кола питань, пов'язаних з проблемами його формування і функціонування. Успішний зростання і розвиток міст неможливо без адекватного розвитку інфраструктури МПТ, покликаної задовольнити потребу населення в переміщеннях, як до місця роботи і назад, так і поїздок, не пов'язаних з професійною діяльністю. У сучасних динамічних і складних соціально-економічних умовах життя міст система внутрішньоміських пасажирських перевезень повинна адекватно реагувати на мінливі умови зовнішнього і внутрішнього середовища. Вивчення і дослідження даної системи спирається на методологію системного підходу, що дозволяє розглядати об'єкт як комплекс взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних спільною метою, розкриваючи інтегративні властивості об'єкта, його внутрішні та зовнішні зв'язки. Системний підхід сприяє правильній постановці проблем і вироблення ефективної стратегії вивчення логістичних систем. Отже, до переваг логістичного підходу відносять: усунення нераціональних маршрутів; оптимізацію рухомого складу на пасажирських маршрутах; мінімізацію простоїв технічно несправного складу; ефективну координацію інтересів виробників пасажирських послуг та пасажирів; узгодження управління різними видами громадського транспорту [1,2,3].

Представлені переваги логістичного підходу до управління системою ГПТ виявлені не повністю. Управління системою міських пасажирських перевезень на принципах логістики дозволяє знизити рівень екологічного впливу системи на навколишнє середовище, розробляти комплексні заходи, спрямовані на поліпшення роботи ГПТ як за економічними показниками, так і з точки зору безпеки перевезень.

Таким чином, логістичний підхід до управління системою ГПТ дозволяє:

- поліпшити експлуатаційні показники роботи громадського міського транспорту;
- оптимізувати міську маршрутну мережу;
- узгодити роботу різних видів транспорту;
- скоординувати інтереси органів муніципального управління, транспортних підприємств і споживачів транспортних послуг;
- мінімізувати екологічні наслідки роботи системи;
- підвищити безпеку руху.

Логістичне управління міським пасажирським транспортом на увазі аналіз роботи всієї системи і, на основі отриманих даних, здійснення заходів щодо усунення нераціональних маршрутів перевезення пасажирів, оптимізації рухомого складу на пасажирських маршрутах, мінімізації простоїв технічно справного рухомого складу,

ефективної координації інтересів автотранспортних підприємств і пасажирів і узгодженим управління різними видами транспорту. Проведення перерахованих вище заходів дозволяє оптимізувати загальні логістичні витрати в системі міського пасажирського транспорту [4,5,6,7,8].

Логістичний підхід до управління системою міського пасажирського транспорту дозволяє: поліпшити експлуатаційні показники роботи громадського міського транспорту, оптимізувати міську маршрутну мережу, узгодити роботу різних видів транспорту; скоординувати інтереси органів муніципального управління, транспортних підприємств і споживачів транспортних послуг; мінімізувати екологічні наслідки роботи системи; підвищити безпеку руху.

Таким чином, удосконалення системи МПТ, засноване на принципах логістики, представляється можливим шляхом створення і функціонування логістичного центру, який дозволить оптимізувати управління транспортними процесами, проводити моніторинг якісних показників роботи системи та на основі отриманих результатів управляти рухом фінансових потоків між ланками системи. Звісно ж необхідним формування системи логістичного управління діяльністю автотранспортних підприємств, оскільки це є одним з важливих напрямів державного регулювання системи міського пасажирського транспорту.

Список посилань:

1. Vdovychenko V. Formation of system efficiency of urban public passenger transport under conditions of open competition / V. Vdovychenko, G. Samchuk, D. Velikodnyi // Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies: International scientific conference, January 27, 2017: conference proceedings, Part I. – Kielce, Poland: Baltija Publishing, 2017 – P. 150 –152.

2. Великодний Д.О. Підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту в пересадочному транспортному вузлі / Д.О. Великодний, В.О. Вдовиченко // Матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 15-16 квітня 2016 р. Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.25-27.

3. Никончук, В.М. Дослідження системи транспортного обслуговування пасажирів за показниками якості. Кропивницький: Центральнотрапнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. 5 (36), Ч. 2, 246– 253.

4. Руденко, Комплексна оцінка якості надання послуг пасажиром залізничного транспорту, як стратегічний інструмент для забезпечення економічного успіху залізничних підприємств. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences, 326, 1, 233–246.

5. Ільченко, В.Ю., Петровська, С.І. Підходи до оцінювання якості міських пасажирських перевезень автомобільним транспортом. Східна Європа: економіка, бізнес та управління, 3(20), 219–226.

6. Вдовиченко В.О. Методологічні основи формування системної ефективності громадського пасажирського транспорту в умовах сталого розвитку : монографія / Вдовиченко В.О. Харків. – 2017. – 212 с.

7. Вдовиченко, В. О. Методологічні основи підвищення ефективності транспортного обслуговування пасажирів в пересадочних вузлах наземного міського транспорту : монографія / В. О. Вдовиченко, О. С. Черепаха, Д. О. Великодний. – Харків : Вид-во КП «Міськдрук», 2024. – 156 с.

8. Вакуленко К. Є. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – 2015. – 257 с.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ
В МАЛИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ ШЛЯХОМ ОПЕРАТИВНОГО
ПЛАНУВАННЯ**

*Городецька Т.Е., к.е.н., доцент; Карнаух М.В., к.т.н., доцент;
Боженів М.А., здобувач, Державний біотехнологічний університет*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF ROLLING STOCK UTILISATION
IN SMALL TRANSPORT SYSTEMS THROUGH OPERATIONAL PLANNING**

*T. E. Gorodetska, PhD in Economics, Associate Professor;
M. V. Karnaukh, PhD in Engineering, Associate Professor;
M.A. Bozenov, researcher, State Biotechnology University*

Малі транспортні системи (МТС) – підприємства з парком від 3 до 20 одиниць рухомого складу – становлять понад 68 % загальної кількості суб'єктів господарювання у сфері вантажних автомобільних перевезень і забезпечують близько 34 % загального обсягу перевезених вантажів [1]. Водночас показники ефективності використання рухомого складу в МТС суттєво поступаються аналогічним показникам великих підприємств: коефіцієнт використання пробігу нижчий на 15–20 %, питома частка непродуктивних пробігів вища на 13–16 відсоткових пунктів, а витрати на 1 км пробігу перевищують відповідний показник великих підприємств на 25–32 %.

Практика свідчить, що значна частина МТС здійснює оперативне планування на основі досвіду та інтуїції диспетчера без застосування формалізованих методів. Наслідком є суттєві втрати ефективності: коефіцієнт використання пробігу β в МТС, як правило, не перевищує 0,55–0,65, тоді як обґрунтований потенціал становить 0,72–0,80 [2]. Метою дослідження є обґрунтування раціонального методу оперативного планування перевезень, що забезпечує підвищення ефективності використання рухомого складу в малих транспортних системах.

Для кількісної оцінки нерівномірності попиту на перевезення введено коефіцієнт нерівномірності η – відношення максимального обсягу замовлень у пікові години до середнього значення впродовж робочої доби:

$$\eta = Q_{\text{макс}} / Q_{\text{сер}} \quad (1)$$

де $Q_{\text{макс}}$ – максимальний обсяг замовлень у пікові години, замовл./год; $Q_{\text{сер}}$ – середній обсяг замовлень впродовж робочого дня, замовл./год.

При $\eta < 1,5$ попит є відносно рівномірним; при $\eta = 1,5-2,2$ – значно нерівномірним; при $\eta > 2,2$ – суттєво нерівномірним, що потребує застосування динамічної маршрутизації або формування резерву транспортних засобів [3].

Математична модель МТС будується як система масового обслуговування M/D/n з детермінованим часом обслуговування. Середній час виконання одного замовлення (транспортний цикл):

$$t_{\text{ц}} = 2 \cdot L_{\text{сер}} / v_{\text{сер}} + t_{\text{нав}} \quad (2)$$

де $L_{\text{сер}}$ – середня відстань виконання замовлення, км; $v_{\text{сер}}$ – середня швидкість сполучення, км/год; $t_{\text{нав}}$ – середній час навантажувально-розвантажувальних робіт, год.

Коефіцієнт завантаженості системи:

$$\rho = \lambda \cdot t_{\text{ц}} / n \quad (3)$$

де λ – інтенсивність надходження замовлень, замовл./год; n – кількість одиниць рухомого складу в парку, од. Умова стабільного функціонування МТС: $\rho < 1,0$ [4].

Коефіцієнт використання пробігу рухомого складу:

$$\beta = L_{\text{вант}} / L_{\text{заг}} = 2 \cdot L_{\text{сер}} \cdot m_{\text{вик}} / (L_{\text{загал}} \cdot n) \quad (4)$$

де $L_{\text{вант}}$ – сумарний пробіг з вантажем за зміну, км; $L_{\text{заг}}$ – загальний пробіг за зміну, км; $m_{\text{вик}}$ – кількість виконаних замовлень; $L_{\text{загал}}$ – загальний пробіг однієї одиниці рухомого складу за зміну, км.

Пріоритетний метод планування – найбільш придатний для МТС – базується на ранжуванні замовлень за комбінованим показником пріоритету:

$$P_z = w_T \cdot T_{\text{зал}} + w_V \cdot V_z + w_L \cdot L_z \quad (5)$$

де $T_{\text{зал}}$ – залишковий час до дедлайну, год (нормований); V_z – вартість замовлення (нормована); L_z – відстань до точки подачі (нормована); w_T, w_V, w_L – вагові коефіцієнти ($w_T + w_V + w_L = 1$). Рекомендовані значення: $w_T = 0,5$; $w_V = 0,3$; $w_L = 0,2$.

Своєчасність виконання замовлень – один з ключових допоміжних показників ефективності:

$$P_{\text{св}} = m_{\text{св}} / m_{\text{вик}} \quad (6)$$

де $m_{\text{св}}$ – кількість замовлень, виконаних у межах дедлайну; $m_{\text{вик}}$ – загальна кількість виконаних замовлень за зміну. Нормативне обмеження: $P_{\text{св}} \geq 0,85$.

Дослідження проводилося на трьох малих транспортних підприємствах м. Харкова: ФОП Ковальчук В.М. ($n = 4$, $\eta = 1,6$, $\beta = 0,63$), ТОВ «Швидка доставка» ($n = 8$, $\eta = 2,1$, $\beta = 0,57$) та ТОВ «Логіст-Харків» ($n = 14$, $\eta = 2,5$, $\beta = 0,61$). Загальний обсяг натурних хронометражних спостережень склав 1 486 транспортних циклів. Мінімально необхідний обсяг вибірки для оцінки β з точністю $\varepsilon = 5\%$ при довірчій імовірності 0,95 визначається за формулою:

$$n_{\text{виб}} = t_a^2 \cdot V^2 / \varepsilon^2 \quad (7)$$

де t_a – квантиль розподілу Стьюдента ($t_a = 1,96$ при $\alpha = 0,95$); V – коефіцієнт варіації параметра; ε – відносна похибка оцінки. За результатами попередніх спостережень $V = 0,28$, що дає $n_{\text{виб}} = 1,96^2 \cdot 0,28^2 / 0,05^2 \approx 121$ транспортний цикл. Фактичний обсяг вибірки (понад 420 циклів на підприємство) суттєво перевищує мінімально необхідний.

Статистична обробка підтвердила нормальний закон розподілу тривалості транспортного циклу (коефіцієнт варіації $V = 25,0$ – $25,8\%$) та показниковий – часу очікування замовлення ($V = 93$ – 96%). Адекватність імітаційної моделі підтверджена: максимальне відхилення розрахункових значень від натурних не перевищує $3,8\%$ за жодним показником.

Варіантні розрахунки для трьох методів, п'яти значень η та трьох значень n (загалом 45 000 реалізацій імітаційної моделі) показали, що перевага спрощеного оптимізаційного методу над евристичним за β зростає зі збільшенням η : від $12,1\%$ при $\eta = 1,2$ до $33,3\%$ при $\eta = 3,0$ (для $n = 8$). Залежність $\beta(\eta)$ лінійна для всіх методів з коефіцієнтом детермінації $R^2 \geq 0,991$:

$$\beta = \beta_0 + K_{\text{чв}} \cdot \eta \quad (8)$$

де β_0 – значення коефіцієнта використання пробігу при $\eta = 0$ (екстрапольоване); $K_{\text{чв}}$ – коефіцієнт чутливості β до нерівномірності попиту (від'ємний). Значення $K_{\text{чв}}$: для евристичного методу – $-0,111$... $-0,122$; для пріоритетного – $-0,083$... $-0,100$; для спрощеного оптимізаційного – $-0,072$... $-0,078$. Менший абсолютний $K_{\text{чв}}$ оптимізаційного методу означає його меншу чутливість до нерівномірності попиту та зростання переваги при $\eta > 2,0$.

Встановлено межі доцільного застосування кожного методу: евристичний – при $\eta < 1,5$ або $n \leq 5$; пріоритетний – при $1,5 \leq \eta \leq 2,2$ та $n = 4-14$; спрощений оптимізаційний – при $\eta > 2,0$ та $n \geq 6$. Раціональний інтервал планування τ^* визначено за результатами варіантних розрахунків ($n = 8, \eta = 2,1$) методом найменших квадратів:

$$\tau^* = 1,24 / \eta + 0,41 \quad (9)$$

Коефіцієнт детермінації апроксимації $R^2 = 0,974$. При $\eta = 2,1$ формула (9) дає $\tau^* = 1,00$ год. Зменшення τ з 3,0 до 1,0 год підвищує β з 0,561 до 0,630 та $P_{св}$ з 74,6 до 84,8 % при помірному навантаженні на диспетчера; подальше скорочення до $\tau = 0,5$ год дає незначний приріст β (0,630 \rightarrow 0,648), але підвищує навантаження до надмірного рівня (8,8 бала).

Економічну ефективність впровадження пріоритетного методу розраховано для ТОВ «Швидка доставка» ($n = 8, \eta = 2,1$). Загальний річний економічний ефект:

$$E_{заг} = E_{річ} + \Delta ДД = 172,9 + 389,5 = 562,4 \text{ тис. грн/рік} \quad (10)$$

де $E_{річ} = \Delta V_{пит} \cdot m_{річ} = 18,2 \cdot 9\,500 = 172\,900$ грн – річна економія від зниження питомих витрат на 9,8 %; $\Delta ДД = 389\,500$ грн – приріст виручки за рахунок збільшення кількості виконаних замовлень на 10,8 %. Загальні капіталовкладення у впровадження становлять $K_{впр} = 18,5$ тис. грн.

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = K_{впр} / E_{заг} = 18,5 / 562,4 = 0,033 \text{ року} \approx 12 \text{ діб} \quad (11)$$

Надзвичайно короткий термін окупності є наслідком одночасної дії двох ефектів: зниження питомих витрат на одне замовлення та суттєвого зростання пропускну здатності системи. Для ТОВ «Логіст-Харків» ($n = 14, \eta = 2,5$) впровадження спрощеного оптимізаційного методу забезпечує приріст $\beta = 0,07$ та орієнтовну річну економію 680–720 тис. грн при терміні окупності близько 20 діб.

Питоми витрати на одне виконане замовлення є узагальненим економічним критерієм ефективності методу:

$$V_{пит} = V_{заг} / m_{вик} = (n \cdot C_{зм} + L_{загал} \cdot n \cdot C_{км}) / m_{вик} \quad (12)$$

де $V_{заг}$ – загальні витрати на виконання перевезень за зміну, грн; $C_{зм}$ – умовно-постійні витрати на одну одиницю рухомого складу за зміну (заробітна плата, амортизація), грн/зміна; $C_{км}$ – змінні витрати на 1 км пробігу (паливо, технічне обслуговування), грн/км. Зниження $V_{пит}$ при переході від евристичного до пріоритетного методу для ТОВ «Швидка доставка» склало 18,2 грн/замовлення (з 186,4 до 168,2 грн), тобто 9,8 %.

Умова економічної доцільності переходу від евристичного до формалізованого методу планування:

$$V_{пит}(\text{метод}) < V_{пит}(\text{еврист}) \cdot (1 - \delta_{мін}) \quad (13)$$

де $\delta_{мін}$ – мінімально прийнятне відносне зниження питомих витрат (приймається $\delta_{мін} = 0,05$, тобто не менше 5 %). Умова (13) є критерієм доцільності переходу з урахуванням витрат на впровадження та навчання персоналу.

Відносний приріст коефіцієнта використання пробігу при переході від евристичного методу до альтернативного:

$$\Delta\beta = (\beta_{мет} - \beta_{евр}) / \beta_{евр} \cdot 100 \% \quad (14)$$

де $\beta_{мет}$ – коефіцієнт використання пробігу при застосуванні досліджуваного методу; $\beta_{евр}$ – коефіцієнт використання пробігу при евристичному методі (базовий варіант). Раціональним вважається метод, що забезпечує $\Delta\beta \geq 8\%$ та термін окупності витрат на впровадження не більше двох років [2].

Термін окупності витрат на впровадження нового методу оперативного планування:

$$T_{ок} = K_{впр} / E_{річ} \quad (15)$$

де $K_{\text{впр}}$ – капіталовкладення у впровадження (придбання програмного забезпечення, навчання персоналу), грн; $E_{\text{річ}}$ – річна економія від підвищення ефективності використання рухомого складу, грн/рік. Для типової МТС з парком 6–12 одиниць витрати на впровадження пріоритетного методу становлять 10–20 тис. грн, а термін окупності не перевищує одного місяця.

Граничне значення η , за якого пріоритетний метод стає доцільнішим за евристичний (умова $\Delta\beta \geq 8\%$), визначається підстановкою лінійних апроксимацій $\beta(\eta)$ з таблиці варіантних розрахунків. Для $n = 8$ вирішення отриманого рівняння дає $\eta_{\text{гр}(1 \rightarrow 2)} \approx 1,52$; для переходу від пріоритетного до спрощеного оптимізаційного методу – $\eta_{\text{гр}(2 \rightarrow 3)} \approx 1,96$. Вплив розміру парку на граничні значення є незначним: при $n = 4$ та $n = 14$ $\eta_{\text{гр}(1 \rightarrow 2)}$ варіюється в межах 1,48–1,55, що підтверджує стійкість отриманих результатів.

Запропонована карта раціональних методів у координатах (n, η) дозволяє керівнику МТС одним поглядом визначити рекомендований метод планування, не виконуючи розгорнутих розрахунків. Зони карти відповідають таким рекомендаціям: при $n = 3\text{--}5$ та будь-якому η – пріоритетний метод; при $n = 6\text{--}10$ та $\eta < 2,0$ – пріоритетний метод; при $n = 6\text{--}10$ та $\eta \geq 2,0$ – спрощений оптимізаційний; при $n = 11\text{--}20$ та $\eta < 2,2$ – спрощений оптимізаційний; при $n \geq 12$ та $\eta > 2,5$ – адаптивний метод за наявності GPS-моніторингу.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні кількісних залежностей показників ефективності використання рухомого складу в МТС від методу оперативного планування, коефіцієнта нерівномірності попиту η та інтервалу планового горизонту τ . На відміну від існуючих підходів, орієнтованих переважно на великі транспортні підприємства, запропоновані залежності враховують специфіку МТС: обмежений парк рухомого складу, відсутність спеціалізованих інформаційних систем та підвищену нерівномірність попиту. Вперше для умов МТС аналітично визначено граничні значення η , що визначають доцільність переходу між методами, та отримано залежність $\tau^* = 1,24/\eta + 0,41$ для раціонального інтервалу планування [4].

Практична цінність результатів полягає у можливості їх безпосереднього використання малими транспортними підприємствами при виборі та впровадженні методу оперативного планування. Карта раціональних методів у координатах (n, η) та залежність (9) раціонального інтервалу планування дозволяють обрати оптимальні параметри системи без виконання розгорнутих розрахунків. Узагальнений очікуваний ефект від впровадження пріоритетного методу для типової МТС з парком 6–12 одиниць рухомого складу становить підвищення β на 8–18 % та скорочення питомих витрат на 8–12 % [3].

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagáňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) *Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development*. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ ПРИМІСЬКОГО ТА МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

*Кравцов А.Г., к.т.н., Спиця М. Д. бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

OPTIMIZATION OF SUBURBAN AND CITY TRANSPORT INTERACTION PROCESSES

*Kravtsov A, PhD, Spytza, M, bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Стан транспортної інфраструктури як малих, так і великих міст безпосередньо впливає на якість життя населення, а також визначає ефективність функціонування та розвиток економічного потенціалу територій. Важливим складовим елементом цієї інфраструктури є транспортно-пересадочні термінали (ТПТ), які забезпечують інтеграцію різних видів транспорту в єдину систему [1; 6].

Протягом останніх 10–15 років проблеми розвитку транспортної інфраструктури суттєво загострилися у більшості країн світу. Це пов'язано з постійним зростанням рівня автомобілізації населення, підвищенням попиту на пасажирські перевезення, а також активною забудовою об'єктів масового тяжіння за межами міських територій без належного транспортного забезпечення [3; 11]. Наслідками цих процесів є не лише зниження рівня безпеки та ефективності функціонування транспортних систем, але й зростання транспортної втоми населення, що негативно впливає на загальну якість життя [8].

На сьогодні більшість існуючих транспортно-пересадочних терміналів в Україні не відповідають сучасним вимогам щодо комфорту, безпеки та оперативності пересадки пасажирів між різними видами транспорту. Існуючі планувальні рішення часто не враховують постійне зростання пасажиропотоків та потреби користувачів [9].

На сучасному етапі об'єкти, що відповідають поняттю «пасажирський термінал», характеризуються значною різноманітністю форм і функціональних рішень. Особливого поширення останніми роками набувають транспортно-пересадочні термінали (ТПТ) або вузли, які виступають ключовими елементами планувальної структури міста транспортно-громадського призначення. Саме в таких вузлах здійснюється пересадка пасажирів між різними видами міського та зовнішнього транспорту або між окремими лініями одного виду транспорту, а також забезпечується супутнє обслуговування пасажирів об'єктами соціальної інфраструктури.

До основних завдань транспортно-пересадочних терміналів належать:

- забезпечення зручного, швидкого та ефективного переміщення пасажиропотоків між різними видами транспорту;
- підвищення технологічної ефективності функціонування пасажирського транспорту;
- усунення неорганізованих пунктів відправлення міжміських автобусів;
- створення впорядкованих умов для паркування транспортних засобів.

Ключовим структурним елементом приміського транспортно-пересадочного терміналу є посадковий термінал, який являє собою одну або декілька спеціалізованих споруд у межах вузла. Його основне призначення полягає у:

- скороченні часу посадки та висадки пасажирів;
- зменшенні тривалості простою маршрутних транспортних засобів;
- забезпеченні необхідної довжини фронту посадки;
- створенні комфортних умов для очікування наземного транспорту;
- розмежуванні потоків пасажирів міського та приміського сполучення. [2; 4].

Серед механізмів забезпечення сталого розвитку пасажирського транспорту важливе місце займає комплекс заходів, спрямованих на формування стабільності транспортних процесів у межах ТПТ. Формування єдиного ринку праці обумовлює необхідність щоденного переміщення значної кількості населення з приміських територій до міст, особливо у години «пік». У зв'язку з цим транспортна інфраструктура повинна забезпечувати надійні та стійкі транспортні зв'язки між житловими зонами передмість і основними центрами тяжіння в межах міських агломерацій — місцями прикладання праці, торговими центрами, об'єктами культури та дозвілля [5]. Таким чином, формування стратегії функціонування пасажирських пересадочних терміналів повинно базуватися на забезпеченні максимального рівня комфорту для пасажирів при здійсненні пересадок, а також відповідати всім технологічним вимогам функціонування транспортних систем [12].

Такі переміщення передбачають використання як приміського, так і міського транспорту, що обумовлює необхідність здійснення пересадок пасажирів. У сучасних умовах проблема організації ефективних пересадок набуває особливої актуальності, оскільки зростають швидкості руху, обсяги пасажиропотоків, а також впроваджуються новітні транспортні технології та інформаційні системи [13]. У зв'язку з цим особливої важливості набуває створення та модернізація транспортних об'єктів, здатних забезпечити швидкі, зручні та безпечні пересадки між різними видами транспорту. Одним із таких рішень є розвиток приміських пасажирських терміналів [7].

Створення таких терміналів дозволяє більш раціонально використовувати міські території, зменшити транспортне навантаження на центральні частини міст, підвищити ефективність роботи міського транспорту та суттєво скоротити час пересадки пасажирів. Крім того, вони забезпечують можливість отримання комплексних транспортних послуг в одному місці: придбання квитків, отримання інформації, обробка багажу тощо. [10].

Список посилань:

1. Бойко О. В. Організація транспортних систем міст : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 256 с.
2. Гнатюк І. М. Транспортно-пересадочні вузли в системі міського транспорту // Містобудування та територіальне планування. 2021. Вип. 76. С. 45–52.
3. Дмитренко В. С. Розвиток транспортної інфраструктури міст України : монографія. Харків : ХНАДУ, 2020. 312 с.
4. Іваненко П. Г. Організація пасажирських перевезень : підручник. Львів : ЛНУ, 2023. 280 с.
5. Коваленко Д. А. Логістика міських транспортних систем : навч. посіб. Дніпро : НГУ, 2020. 198 с.
6. Кравцов А. Г. Управління транспортними потоками в містах : монографія. Київ : НАУ, 2022. 340 с.
7. Лисенко М. П. Інтегровані транспортні системи : сучасні підходи // Транспортні системи та технології. 2022. Вип. 39. С. 88–95.
8. Мельник О. І. Вплив транспортної інфраструктури на якість життя населення // Економіка та держава. 2021. № 5. С. 112–116.
9. Пилипчук В. М. Планування транспортно-пересадочних вузлів : сучасні тенденції. Одеса : ОНМУ, 2022. 220 с.
10. Романюк С. В. Організація приміських пасажирських перевезень : навч. посіб. Київ : Логос, 2021. 240 с.
11. Сафронов Ю. В. Урбаністика та транспорт : проблеми та перспективи розвитку міст. Київ : КНЕУ, 2023. 300 с.
12. Семенюк Т. Л. Управління транспортними системами : підручник. Тернопіль : ТНЕУ, 2022. 265 с.
13. Ткаченко О. С. Інновації в транспортній логістиці // Вісник транспортної економіки. 2023. № 2. С. 67–74.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Сенчук І. І., д.е.н., Гадяцький Є. В., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE PASSENGER TRANSPORTATION SYSTEM

*Senchuk I., D.Sc. (Econ.), Hadyatsky E, bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Високе соціально-економічне значення міжміського пасажирського автомобільного транспорту визначається сучасними потребами забезпечення мобільності населення та доступності транспортних послуг у межах регіонів країни [1]. Саме міжміські автомобільні перевезення забезпечують реалізацію однієї з базових потреб населення — можливості вільного пересування між населеними пунктами, адміністративними центрами, промисловими та культурними осередками. Належний рівень транспортної мобільності населення безпосередньо впливає на якість життя громадян, доступ до праці, освіти, медичних і соціальних послуг, а також сприяє економічному розвитку територій та інтеграції регіонів у єдиний соціально-економічний простір держави.

Важливу роль у забезпеченні транспортних потреб населення відіграє формування надійної, безперебійної та ефективної системи міжміських пасажирських сполучень. У сучасних умовах перевезення пасажирів у межах внутрішньообласних та міжобласних маршрутів здійснюються кількома видами громадського транспорту, серед яких провідне місце займають автомобільний та залізничний транспорт, а також легкові таксі й інші форми індивідуальних перевезень [2]. Усі ці види транспорту функціонують у взаємодії між собою, формуючи єдину транспортну систему, однак водночас перебувають у стані постійної конкуренції за пасажиропотік.

Вибір пасажирами певного виду транспорту залежить від комплексу соціально-економічних, технічних та організаційних факторів. Серед основних чинників варто виділити дальність поїздки, рівень доходів населення, вартість проїзду, комфортність перевезень, швидкість доставки, регулярність руху транспортних засобів, стан автомобільних доріг та транспортної інфраструктури, а також доступність інформаційних сервісів щодо організації поїздок [3]. Значний вплив на вибір виду транспорту мають також безпека перевезень, екологічні характеристики транспортних засобів і рівень розвитку сервісного обслуговування пасажирів.

Провідні позиції автомобільного транспорту у сфері міжміських пасажирських перевезень пояснюються його високою маневреністю, територіальною доступністю та здатністю оперативного реагувати на зміни попиту населення [4]. Автомобільний транспорт дозволяє забезпечувати пряме сполучення між населеними пунктами без необхідності пересадок, що особливо важливо для жителів малих міст і сільських територій. Крім того, автобусні маршрути можуть швидко коригуватися відповідно до змін пасажиропотоків, що забезпечує більшу гнучкість транспортної системи порівняно з іншими видами транспорту.

Для України пасажирський автомобільний транспорт має стратегічне значення, оскільки забезпечує транспортне сполучення між регіонами, підтримує економічні зв'язки між підприємствами та сприяє соціальній інтеграції населення [5]. Водночас сучасний стан транспортної інфраструктури не дозволяє повною мірою задовольнити існуючий попит на якісні пасажирські перевезення. Особливо гостро ця проблема проявляється у сільській місцевості, де недостатній рівень транспортного обслуговування призводить до зниження мобільності населення та ускладнює доступ громадян до адміністративних, освітніх і медичних послуг.

Протягом останніх років у сфері пасажирських перевезень спостерігалися суттєві структурні зміни. Незважаючи на загальне скорочення кількості перевезених пасажирів усіма видами транспорту, пасажирообіг автомобільного транспорту демонстрував тенденцію до зростання, що свідчить про збільшення середньої дальності поїздок населення [6].

Важливим напрямом удосконалення системи міжміських пасажирських перевезень є забезпечення ефективної взаємодії різних видів громадського транспорту [7]. Узгодження графіків руху, створення транспортно-пересадочних вузлів, впровадження єдиних інформаційних систем та інтегрованих транспортних сервісів дозволяє підвищити зручність пересування пасажирів і скоротити загальні витрати часу на поїздки. Комплексний підхід до розвитку транспортної системи сприяє більш раціональному використанню наявної інфраструктури та підвищує ефективність функціонування громадського транспорту в цілому. Організація перевезень пасажирів автомобільним транспортом є складним багатофакторним процесом, який потребує врахування технічних, економічних, соціальних та організаційних аспектів [8]. Важливими елементами управління перевезеннями є оптимізація маршрутної мережі, визначення раціональної кількості рухомого складу, забезпечення регулярності руху автобусів, підвищення рівня безпеки перевезень та вдосконалення системи диспетчерського управління [9]. Ефективна організація міжміських автобусних перевезень сприяє підвищенню транспортної доступності регіонів, покращенню якості життя населення та забезпеченню сталого розвитку транспортної галузі України.

Отже, міжміський пасажирський автомобільний транспорт є важливою складовою транспортної системи України та відіграє ключову роль у забезпеченні мобільності населення, розвитку регіонів і підтримці соціально-економічних зв'язків між територіями. Сучасні умови функціонування транспортної галузі характеризуються зростанням вимог до якості перевезень, безпеки, доступності та ефективності транспортного обслуговування.

Незважаючи на наявні проблеми, пов'язані зі станом інфраструктури, нерівномірністю транспортного забезпечення та впливом зовнішніх факторів, автомобільний транспорт залишається найбільш гнучким і доступним видом міжміських перевезень. Подальший розвиток галузі потребує впровадження сучасних технологій управління перевезеннями, удосконалення маршрутної мережі, модернізації транспортної інфраструктури та забезпечення ефективної взаємодії різних видів транспорту. Реалізація цих заходів сприятиме підвищенню якості транспортних послуг, покращенню транспортної доступності населення та зміцненню економічного потенціалу держави.

Список посилань:

1. Дмитриченко М. Ф., Левковець П. Р. Пасажирські автомобільні перевезення : підручник. Київ : НТУ, 2021. 304 с.
2. Горбачов П. Ф., Шраменко Н. Ю. Транспортні системи та логістика : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2021. 268 с.
3. Брайковська А. М. Сучасні тенденції розвитку пасажирських перевезень в Україні. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2023. № 82. С. 74–81.
4. Науменко М. О., Нагорний Є. В. Організація автобусних перевезень : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2022. 286 с.
5. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок України 2024 : статистичний збірник. Київ, 2025. 154 с.
6. Гудков В. А., Мироненко В. К. Інфраструктурне забезпечення транспортних систем України : монографія. Київ : Логос, 2022. 340 с.
7. Коваленко О. В. Аналіз розвитку міжміських пасажирських перевезень автомобільним транспортом. Науковий вісник ХНАДУ. 2024. № 104. С. 58–65.
8. Григорак М. Ю., Савченко Л. В. Інтегровані транспортні системи та мультимодальні перевезення : монографія. Київ : Ліра-К, 2023. 298 с.
9. Бутенко О. П., Давидич Ю. О. Управління транспортними процесами : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2022. 274 с.

МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТОРІВ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ МІСТА

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Смагін Г.М., здобувач

Державний біотехнологічний університет

Музильов Д.О., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

MINIMIZATION OF TRAFFIC JAM RISK AT URBAN SIGNALIZED INTERSECTIONS

M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

G. Smagin, postgraduate researcher

State Biotechnology University

D. O. Muzylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kharkiv National University of Automobile and Highway Engineering

Транспортні затори на регульованих перехрестях є однією з найгостріших проблем сучасних великих міст. У Харкові функціонує понад 800 регульованих перехресть, значна частина яких керується застарілими сигнальними планами, розробленими до 2015 року та відтоді не переглянутими. Щоденні затори на перехрестях міста зумовлюють понад 60 % загальних транспортних затримок і спричиняють суттєві економічні збитки: збільшення витрат пального, знос транспортних засобів, зниження продуктивності праці. За оцінками фахівців, щорічні економічні втрати від заторів у великих містах України перевищують 2 % регіонального валового продукту. Разом з тим переважна більшість чинних підходів до оптимізації сигнальних планів орієнтована на мінімізацію середньої затримки транспортного засобу або максимізацію пропускну спроможності перехрестя. Недоліком цих критеріїв є те, що вони не враховують ризикового характеру заторів: перехрестя з однаковою середньою затримкою, але нерівномірним завантаженням напрямків, є значно більш схильним до формування затору, ніж рівномірно навантажений об'єкт. Це обумовлює актуальність розроблення ризик-орієнтованого підходу до оптимізації параметрів сигнального плану.

Метою дослідження є мінімізація ризику виникнення транспортних заторів на регульованих перехрестях міста шляхом розроблення та застосування математичної моделі оптимізації параметрів сигнального плану світлофорного об'єкта. Об'єкт дослідження – процес виникнення транспортних заторів на регульованих перехрестях міської транспортної мережі. Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів сигнального плану на ризик виникнення транспортного затору.

Аналіз 312 випадків виникнення незадовільних рівнів обслуговування (рівні Д–Е) на 24 перехрестях Харкова показав, що 71,4 % випадків зумовлені керованими причинами: неоптимальним розподілом часу зеленої фази (37,8 %) та застарілістю сигнального плану (23,7 %). Це підтверджує, що оптимізація параметрів сигнального плану є найбільш ефективним і доступним інструментом зниження ризику виникнення заторів. Ступінь насиченості напрямку – ключовий показник ризику – визначається як відношення фактичної інтенсивності руху до пропускну спроможності напрямку:

$$x_i = q_i / C_i = (q_i \cdot T) / (C_n \cdot z_i) \quad (1)$$

де q_i – інтенсивність руху на i -му напрямку, транспортних засобів за годину; C_n – насичений потік напрямку, транспортних засобів за годину зеленої фази; z_i – ефективна тривалість зеленої фази для i -го напрямку, с; T – тривалість циклу регулювання, с.

При $x_i < 1,0$ транспортні засоби встигають проїхати за один цикл; при $x_i = 1,0$ виникає критичний стан; при $x_i > 1,0$ формується стабільна черга і виникає затор. На практиці ризик виникнення затору суттєво зростає вже при $x_i > 0,85$ через стохастичний характер прибуттів транспортних засобів.

У запропонованому підході ризик виникнення транспортного затору на i -му напрямку визначається як добуток імовірності затору на величину його наслідків:

$$P_i = \Pi_i(x_i) \cdot H_i \quad (2)$$

де $\Pi_i(x_i)$ – імовірність виникнення затору на i -му напрямку як функція ступеня насиченості; H_i – нормована величина наслідків затору (сумарні втрати часу учасниками руху, годин за годину).

Аналітична залежність імовірності виникнення затору від ступеня насиченості за умови пуассонівського розподілу прибуттів транспортних засобів має вигляд:

$$\Pi_i(x_i) = 1 - e^{-C_n - C_n \cdot (1-x_i) \cdot z_i / 3600}, \quad \text{при } x_i < 1 \quad (3)$$

де e – основа натурального логарифму; C_n – насичений потік напрямку; z_i – тривалість зеленої фази. При $x_i \geq 1$ значення $\Pi_i = 1$ (затор гарантований).

Числовий аналіз формули (3) свідчить: при $x_i = 0,50$ маємо $\Pi_i \approx 0,01$; при $x_i = 0,90$ – $\Pi_i \approx 0,35$; при $x_i = 0,95$ – $\Pi_i \approx 0,63$. Це означає, що зниження ступеня насиченості з 0,95 до 0,85 є значно ефективнішим з погляду зниження ризику, ніж зниження з 0,70 до 0,60.

Цільовою функцією оптимізаційної задачі є зважений ризик перехрестя, що підлягає мінімізації:

$$P(z_1, \dots, z_k) = \sum w_i \cdot \Pi_i(x_i(z_i)) \cdot H_i(x_i(z_i)) \rightarrow \min \quad (4)$$

де w_i – ваговий коефіцієнт i -го напрямку (визначається пропорційно інтенсивності потоку q_i); z_i – тривалість зеленої фази для i -го напрямку, s ; k – кількість фаз регулювання; p – кількість напрямків перехрестя.

Задача (4) вирішується за допомогою розробленого дворівневого алгоритму оптимізації. Зовнішній рівень виконує перебір тривалості циклу T в допустимому діапазоні $[T_{\min}; T_{\max}]$ з кроком 5 с. Внутрішній рівень для кожного фіксованого T знаходить оптимальний розподіл зеленого часу між фазами: методом золотого перерізу при двофазному регулюванні або методом покоординатного спуску при трьох і більше фазах. Загальна кількість обчислень цільової функції при двофазному регулюванні та 8 напрямках не перевищує 28 000, що не потребує спеціалізованого програмного забезпечення.

Умовою оптимальності розподілу зеленого часу між напрямками є рівність зважених граничних ефектів від перерозподілу зеленого часу:

$$w_i \cdot |\partial P_i / \partial z_i| = w_j \cdot |\partial P_j / \partial z_j| \quad \text{для всіх } i, j \quad (5)$$

Умова (5) стверджує, що в оптимальному сигнальному плані зважена гранична ефективність додаткової секунди зеленого часу є однаковою для всіх напрямків. Якщо для певного напрямку ця ефективність вища, перерозподіл зеленого часу на його користь знижує загальний ризик.

Для практичної верифікації розробленої моделі проведено натурні обстеження транспортних потоків на трьох регульованих перехрестях Харкова: П1 – просп. Науки × вул. Академіка Павлова (чотирипроменеве, двофазне); П2 – просп. Московський × вул. Плехановська (чотирипроменеве, трифазне); П3 – вул. Сумська × вул. Чичибабіна (трипроменеве, двофазне). Обстеження проводились методом відеофіксації у ранковий пік (7:30–9:00) у вересні–жовтні 2024 року. Калібрування моделі показало, що відхилення розрахункових значень середньої затримки від фактичних не перевищує 9 % для всіх напрямків і перехресть, що підтверджує адекватність запропонованої моделі.

Перехрестя П1 характеризується систематичним переповненням напрямків вул. Академіка Павлова: ступінь насиченості $x_i = 1,06$ – $1,12$, тоді як напрямки проспекту завантажені лише на 68–74 %. Чинний сигнальний план (цикл 85 с, фаза 1: 55 с, фаза 2: 22 с) розроблено у 2011 році і з того часу не переглядався. На перехресті П2 виявлено надмірність лівоповоротної фази: при виділеному часі 18 с фактично необхідно лише 10 с, натомість основний напрямок перевантажений ($x_i = 1,09$).

Оптимізація за розробленим алгоритмом забезпечила такі результати. Для перехрестя П1 оптимальний план (цикл 120 с, фаза 1: 73 с, фаза 2: 39 с) знизив зважений ризик з $F = 0,47$ до $F^* = 0,02$ – у 23,5 раза. Рівень обслуговування критичного напрямку вулиці покращено з E (середня затримка понад 95 с/транспортного засобу) до Γ (43 с/транспортного засобу). Для перехрестя П2 зважений ризик знижено у 5,8 раза (з 0,52 до 0,09) шляхом перерозподілу зеленого часу від надмірної лівоповоротної фази до переважаного основного напрямку. Для перехрестя П3 ризик зменшено у 4,5 раза (з 0,18 до 0,04).

Принципова відмінність ризик-орієнтованого підходу від класичного ілюструється таким прикладом. Два варіанти сигнального плану однакового перехрестя: варіант А забезпечує меншу середню затримку (40 с/транспортного засобу), але на одному напрямку $x_i = 1,08$ (затор гарантований, ризик 0,85); варіант Б має дещо вищу середню затримку (26 с/транспортного засобу), проте всі напрямки мають $x_i < 1,0$, зважений ризик – 0,06. Класичний підхід обирає варіант А, хоча він призводить до систематичного затору; ризик-орієнтований підхід – варіант Б, що є кращим з погляду надійності функціонування перехрестя.

Річна економія витрат часу учасників дорожнього руху від впровадження оптимальних сигнальних планів розраховується за формулою:

$$E_{\text{час}} = \sum q_i \cdot (D_{i\text{чин}} - D_{i\text{опт}}) / 3600 \cdot T_{\text{роб}} \cdot \text{Ц}_ч \quad (6)$$

де $E_{\text{час}}$ – річна економія витрат часу, грн за рік; $D_{i\text{чин}}$, $D_{i\text{опт}}$ – середня затримка при чинному та оптимальному планах відповідно, с на транспортний засіб; $T_{\text{роб}}$ – річний фонд робочого часу перехрестя (3 000 годин на рік); $\text{Ц}_ч$ – вартість однієї години часу учасника дорожнього руху, грн за годину.

За результатами розрахунку, сумарна річна економія витрат часу учасників дорожнього руху на трьох досліджуваних перехрестях становить 19 285 тис. грн. Питома економія складає 2,30 грн на кожний транспортний засіб, що перетинає ці перехрестя. Впровадження оптимальних планів забезпечує скорочення викидів CO_2 на 41 % (18,8 т на рік на трьох перехрестях), що в перерахунку на квоти становить 423 тис. грн на рік додаткового екологічного ефекту. Усі ці результати досягаються виключно організаційними заходами – перепрограмуванням контролерів світлофорних об'єктів – без будь-яких капітальних вкладень у реконструкцію перехресть. Потенційна загальноміська економія при масовому впровадженні оптимізованих сигнальних планів на всіх 612 перехрестях Харкова із застарілими планами перевищує 3,8 млрд грн на рік.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні ризик-орієнтованого підходу до оптимізації сигнального плану регульованого перехрестя. На відміну від класичних моделей, що мінімізують середню затримку транспортного засобу, запропонована модель мінімізує зважений ризик виникнення затору по всіх напрямках перехрестя. Введено аналітичні залежності між ступенем насиченості напрямку та імовірністю виникнення затору (формула 3), що дозволяє кількісно оцінити ризик для кожного варіанту сигнального плану. Встановлено, що оптимальний цикл за критерієм мінімального ризику є на 10–20 % довшим, ніж оптимальний цикл за класичною формулою Вебстера, що обумовлено зниженням ступенів насиченості при збільшенні тривалості циклу.

Практична цінність результатів полягає у можливості безпосереднього застосування розробленої моделі та алгоритму при проектуванні та коригуванні сигнальних планів світлофорних об'єктів у містах України. Запропонована сімикрокова процедура застосування алгоритму (від збору вихідних даних до моніторингу результатів) орієнтована на фахівців служб організації дорожнього руху і не потребує спеціалізованого програмного забезпечення. Трудомісткість одного обстеження та оптимізації становить 4–6 годин, що дозволяє реалізувати масовий перегляд сигнальних планів у межах міської програми оптимізації дорожнього руху. Результати дослідження можуть бути використані службами організації дорожнього руху для зниження ризику виникнення заторів без додаткових капітальних вкладень у реконструкцію перехресть.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ
СПОЛУЧЕННІ**

*Петько А. В., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

**ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN INTERNATIONAL
COMMUNICATION**

*Pet'ko A. V., Student
State Biotechnological University*

Однією з визначальних систем, що забезпечують автомобільні перевезення на території України, є транспортна система, до якої в ринкових умовах пред'являються високі вимоги щодо якості, регулярності та надійності транспортних зв'язків, збереження вантажів та безпеки перевезення пасажирів, термінів та вартості доставки. Відповідно до цього стан транспортних комунікацій України має відповідати вимогам європейської інтеграції. Найважливішим показником інтегрування транспортної системи України є раціональне використання існуючих транспортних мереж, реалізація переваг їх географічного розташування та комунікаційної спроможності [1].

У ході проведення маркетингових досліджень, що стосуються виконуваних маршрутів, необхідно виявити основні напрями транспортного маркетингу, а також - позначити завдання, на вирішення яких повинні бути спрямовані маркетингові зусилля для покращення існуючої ситуації, та фактори, якими пасажир керується при виборі. Крім того, необхідно провести маркетингові дослідження кожного міжнародного автобусного маршруту, під час виконання яких будуть виявлені причини низької або високої рентабельності кожного напрямку. Розробка варіантів організації пасажирських перевезень у міжнародному сполученні. Охорона праці водія міжнародного автобуса. Основну увагу при розгляді цього питання необхідно приділити нормативу робочого часу водія, який виконує міжнародні перевезення пасажирів. Розробка заходів щодо зниження впливу автотранспорту на довкілля під час міжнародних перевезень пасажирів [2].

Найбільш важливими техніко-експлуатаційними показниками, що характеризують роботу автобусів на міжнародних перевезеннях пасажирів, є середня відстань перевезення, середньодобовий пробіг, середня місткість, експлуатаційна швидкість, вироблення в пас. та в пас-км, обсягу перевезень, пасажирообігу, загального пробігу.

Система транспортного маркетингу націлена на гнучке реагування за зміни динаміки транспортного ринку шляхом необхідного перегляду цінової політики за певних, щодо невеликих змін сегментів попиту транспортні послуги. Поряд з цим, за значних змін на транспортному ринку можливий повний перегляд завдань та цілей підприємства, розробка нового комплексу маркетингу. В усіх випадках управління маркетингом, а сутнісно, попитом, здійснюється економічними методами за принципом - транспорт шукає клієнта".

Сьогодні в умовах економічної кризи маркетингові зусилля на транспортних підприємствах мають бути спрямовані на вирішення двох завдань:

- ==> покращення якості транспортного обслуговування споживачів;
- ==> диверсифікація потужностей підприємства, що вивільняються.

Багато транспортних підприємств зараз успішно освоюють нетрадиційні види діяльності (оренда, ремонтний сервіс тощо). Ця робота потребує системності та правової основи. Для успішного вирішення цих проблем потрібна цілеспрямована постійна робота з вивчення довкілля, конкурентів, гнучкого ціноутворення, реклами та стимулювання споживачів. У цьому однією з найважливіших напрямів транспортного маркетингу є формування попиту транспортні послуги.

Комплекс маркетингу включає два взаємопов'язані процеси:

- * ретельне вивчення існуючого ринку;
- * активний вплив на попит та формування споживчих переваг.

Завдання маркетингу - як задоволення потреб споживача, а й створення таких умов, щоб він мав бажання знову звернутися до продукції чи послуг цього продавця (виробника). Для транспортних підприємств це означає, що вони не тільки повинні на високому рівні обслужити клієнта, а й запропонувати нові види послуг, або підвищити їхню якість на стільки, щоб у споживача виникло бажання і надалі звернутися саме до цього підприємства, виду транспорту. Для вирішення цього непростого завдання необхідне проведення цілого ряду комплексу маркетингових заходів з глибокого вивчення транспортного ринку, удосконалення технології транспортних послуг, реального підвищення їх якості, розробки нових, додаткових видів послуг, діагностування та прогнозування попиту, а можливо і деякої диверсифікації (концентричної, горизонтальної чи конгломеративної) транспортного виробництва.

Основне завдання організації та управління транспортним маркетингом – вплив на рівень, час та характер попиту на транспортні послуги таким чином, щоб це забезпечувало транспортному підприємству його нормальне функціонування та подальший розвиток.

Одним із найважливіших критеріїв при виборі перевізника для клієнтів є вартість подорожі. Таким чином, необхідно підібрати такий тариф, який не знижував би попит на міжнародні автобусні перевезення і при цьому покривав витрати, створюючи прибуток перевізнику.

Крім того, найважливішими при виборі перевізника є такі фактори, як безпека подорожі, комфортабельність поїздки, швидкість та час у дорозі, а також мобільність транспортного засобу [3].

Міжнародні маршрути організують та експлуатують відповідно до міжнародних Конвенцій та договорів. Вихідним під час розробки маршруту є вибір міст, через який проходить міжнародний маршрут. Даний вибір обумовлений наявністю попиту на перевезення, при яких буде зумовлено прийнятне з економічних міркувань наповнення автобуса пасажирами у прямому та зворотному рейсах.

Міжнародні перевезення пасажирів автобусами в регулярному сполученні повинні проходити автошляхами загального користування, відкритими для міжнародного сполучення та відповідними вимогами безпеки руху.

Зупинки на регульованих маршрутах мають бути передбачені на пасажирських терміналах. Побудова схеми маршруту полягає у співвідношенні щонайменше двох альтернативних шляхів проїзду від початкового до кінцевого пункту.

Автобуси, що виконують міжнародні перевезення пасажирів, перебуваючи на території іноземної держави, підпадають під дію національного законодавства щодо оплати податків і зборів, пов'язаних із здійсненням перевезення.

Розклад руху розробляється на підставі результатів нормування тривалості рейсу та допустимих режимів праці водіїв. Для його розробки узагальнюються вихідні країни з урахуванням можливих швидкостей руху та прогнозованих затримок у дорозі.

Список посилань:

1. Voitov, A., Karnaukh, M., Berezhna, N., Kryvenko, L., & Muzylyov, D. (2024, November). Urban Traffic Flow Sustainability Assessment Due to Dynamic Changes in Influential Factors. In International Scientific Conference Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort (pp. 99-110). Cham: Springer Nature Switzerland.
2. Войтов, В. А., Кравцов, А. Г., Войтов, А. В., Бережна, Н. Г., Сисенко, І. І., Кривенко, Л. Ф., & Бабарика, І. Г. (2024). Концепція оцінки ергономічної стійкості транспортного потоку великих міст з урахуванням динамічності зміни впливових факторів.
3. Войтов, В. А., Кравцов, А. Г., Войтов, А. В., Бережна, Н. Г., Сисенко, І. І., Кривенко, Л. Ф., & Бабарика, І. Г. (2024). Концепція оцінки ергономічної стійкості транспортного потоку великих міст з урахуванням динамічності зміни впливових факторів.

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ В МЕЖАХ МІСЬКОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Кравцов А.Г., к.т.н.

Турецька А. Ю., бакалавр

Державний біотехнологічний університет

OPTIMIZATION OF THE TRANSPORTATION SYSTEM WITHIN THE CITY LOGISTICS NETWORK

Kravtsov A, PhD

Turetska A, bachelor's degree

State Biotechnological University (SBTU)

Транспортні послуги мають спільну сутність, оскільки всі вони безпосередньо пов'язані з процесом переміщення об'єктів у просторі, тобто з доставкою від відправника до одержувача [1]. Водночас ці послуги не є повністю однорідними, оскільки об'єкти транспортування можуть суттєво відрізнятися за своїми характеристиками, призначенням і умовами перевезення. До таких об'єктів належать вантажі, пасажирів, багаж, а також вантажобагаж (зокрема на залізничному транспорті) [2].

У межах вантажних перевезень окремо виділяють транспортування поштових відправлень, тоді як у сфері пасажирських перевезень особливе місце займають туристичні перевезення [3]. Таким чином, ринок транспортних послуг характеризується значною різноманітністю та може деталізуватися залежно від виду транспорту, типу об'єкта перевезення та специфіки надання послуг [4].

Різноманіття видів транспорту (автомобільного, залізничного, морського, авіаційного) зумовлює подальшу спеціалізацію транспортних послуг і формує складну структуру транспортного ринку [5]. Важливою особливістю транспортного процесу є те, що він здійснюється у сфері обігу, що пов'язано зі зміною права власності на товар і переходом ризиків його втрати або пошкодження від продавця до покупця [6]. При цьому в договорах купівлі-продажу використовується термін «товар», тоді як у договорах перевезення – «вантаж», що відображає різні аспекти одного й того ж об'єкта [1].

Транспортні послуги включають широкий спектр операцій, які забезпечують повний цикл переміщення вантажу. До них належать підготовка вантажу до відправлення, його навантаження, транспортування, перевалка між різними видами транспорту (у разі змішаних перевезень), зберігання на складах, доставка до пункту призначення, розвантаження та передача одержувачу [3; 5]. Кожен із цих етапів має важливе значення для забезпечення якості перевезень, збереження вантажу та дотримання строків доставки [2].

В умовах сучасної ринкової економіки підприємства транспортної галузі змушені функціонувати в конкурентному середовищі, що вимагає постійного підвищення ефективності їх діяльності [4]. Одним із ключових факторів ефективності вантажних перевезень є раціональна організація маршрутної мережі, яка забезпечує оптимізацію витрат, скорочення часу доставки та підвищення продуктивності рухомого складу [6].

Вибір маршрутів руху транспортних засобів здійснюється з урахуванням комплексу факторів, серед яких обсяг перевезень, розмір партій вантажу, тип і вантажопідйомність транспортних засобів, терміни доставки, а також умови навантаження та розвантаження [1; 3]. Оптиміальне врахування цих факторів дозволяє забезпечити ефективне використання ресурсів і підвищити якість транспортного обслуговування [5].

За способом організації вантажних перевезень поділяються на централізовані та децентралізовані [2]. Децентралізована система передбачає, що організацію перевезення здійснює безпосередньо одержувач вантажу, який самостійно замовляє транспорт, забезпечує навантажувально-розвантажувальні роботи та експедирування [4].

Такий підхід часто супроводжується низьким рівнем координації, збільшенням простоїв транспортних засобів і недостатньою ефективністю їх використання, оскільки постачальник не зацікавлений у оптимізації процесу [6]. Централізовані перевезення, навпаки, передбачають координацію процесу єдиним органом або логістичним оператором, що сприяє підвищенню ефективності використання транспортних засобів і скороченню витрат [5]. Крім того, перевезення можуть бути прямими, змішаними або комбінованими, а також здійснюватися з використанням контейнерів чи пакетів, що дозволяє підвищити рівень механізації та автоматизації транспортних процесів [3].

Ефективність функціонування транспортної інфраструктури значною мірою залежить від узгодженості роботи різних видів транспорту та взаємодії між усіма учасниками транспортного процесу [1]. У сучасних умовах широкого застосування набуває логістичний підхід до організації перевезень, який дозволяє комплексно координувати всі етапи руху матеріальних потоків — від постачання сировини до доставки кінцевому споживачу [4]. Такий підхід передбачає інтеграцію транспортних, складських, інформаційних і управлінських процесів у єдину систему, що забезпечує їх узгоджене функціонування та мінімізацію втрат часу і ресурсів. Використання логістики сприяє скороченню часу доставки вантажів, оптимізації рівня запасів на всіх етапах ланцюга постачання, підвищенню якості та своєчасності обслуговування споживачів, а також зниженню загальних витрат підприємств на транспортування і зберігання продукції [5]. Крім того, логістичний підхід дозволяє більш ефективно використовувати транспортні засоби, зменшувати порожні пробіги та підвищувати завантаження рухомого складу, що є особливо актуальним в умовах зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів.

Завдяки впровадженню сучасних інформаційних технологій, таких як системи GPS-моніторингу, транспортні інформаційні системи, електронний документообіг та автоматизоване планування маршрутів, забезпечується оперативний обмін даними між учасниками логістичного процесу. Це підвищує прозорість усіх операцій, дозволяє в режимі реального часу контролювати переміщення вантажів і оперативно реагувати на можливі відхилення від запланованих графіків [2]. У результаті покращується загальна керованість транспортних процесів і підвищується ефективність функціонування логістичних систем у цілому. Отже, транспортні послуги є складною та багатокомпонентною системою, ефективність якої визначається якістю організації перевізного процесу, вибором оптимальних маршрутів і форм взаємодії учасників ринку. Впровадження логістичних підходів та інтеграція транспортних систем дозволяють підвищити ефективність перевезень, скоротити витрати та забезпечити високий рівень обслуговування споживачів.

Список посилань:

1. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика : підручник. – Київ : НУХТ, 2022. – 350 с.
2. Безсмертна О. В., Муравська М. В. Транспортна логістика в Україні : навч. посіб. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 180 с.
3. Войтко С. В., Корогодова О. О. Логістика в організації міжнародних перевезень : навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 138 с.
4. Крамаренко І. С., Надточій І. І., Маркова Є. Ю. Транспортна логістика : навч. посіб. – Миколаїв : Іліон, 2024. – 240 с.
5. Зіміна А. І., Харсун Л. Г. Транспортна логістика : навч. посіб. – Київ : Державний торговельно-економічний університет, 2024. – 280 с.
6. Яворський Я. П., Вельган І. В., Бешлей Р. В. та ін. Транспорт та логістика : навч. посіб. – Львів : Растр-7, 2024. – 228 с.
7. Завадська О. М. Транспортна логістика : навч.-метод. матеріали. – Луцьк : ЛНТУ, 2023. – 150 с.
8. Гаряєва Г. М., Виниченко А. А., Куценко С. О. Сучасний стан правового регулювання логістики в Україні. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – 120 с.

**ІННОВАЦІЇ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТІ: РЕВОЛЮЦІЯ
ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*Шульга Дмитро Олександрович,
Морозов Максим Сергійович,
Немченко Артем Олександрович,
Пігарев Сергій Сергійович
Науковий керівник викладач методист
Дьяченко Вікторія Олександрівна
ВСП Автотранспортний коледж КНУ*

**INNOVATSII V AGROINZHENERII I TRANSPORTE: REVOLYUTSIYA
TRANSPORTNYKH TEKHNOLOGIY**

*Shulga Dmitry Oleksandrovych,
Morozov Maksym Serhiyovych,
Nemchenko Artem Aleksandrovich,
Pigarev Sergey Sergeyeovich
Scientific supervisor, teacher, methodologist
Dyachenko Viktoriia Oleksandrivna
VSP Motor Transport College of KNU*

Сільське господарство та транспортна галузь перебувають на порозі революційних змін, спричинених швидким розвитком технологій. Ця стаття досліджує, як транспортні технології змінюють агроінженерію, аналізує їх переваги, виклики та майбутні перспективи. Метою є висвітлення потенціалу інновацій для створення більш ефективної та сталої транспортної системи в сільському господарстві.

У контексті агроінженерії транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного переміщення сировини, готової продукції та ресурсів. Сучасні технології, такі як автономні транспортні засоби, IoT, ШІ та електричні машини, трансформують традиційні підходи до логістики, підвищуючи продуктивність і знижуючи вплив на довкілля.

Безпілотні транспортні засоби стають основою сучасної агроінженерії. Оснащені GPS, LIDAR, камерами та сенсорами, автономні трактори й комбайни від компаній, таких як John Deere та CNH Industrial, виконують завдання з високою точністю. Наприклад, трактор John Deere 8R може самостійно обробляти поля, оптимізуючи маршрути та знижуючи витрати пального на 10–15%.

Дрони знаходять широке застосування в агротранспорті, зокрема для доставки засобів захисту рослин, моніторингу полів і збору даних. Наприклад, дрони DJI Agras T40 можуть перевозити до 40 кг вантажу, зменшуючи потребу в наземному транспорті для малих обсягів. Дрони також допомагають оптимізувати маршрути наземних машин, аналізуючи стан полів у реальному часі.

IoT (*Інтернет речей (IoT) і смарт-логістика*) революціонує управління транспортними засобами в агроінженерії. Датчики, встановлені на техніці, відстежують її стан, рівень пального, температуру вантажу та дорожні умови. Дані передаються до хмарних платформ, таких як Trimble Ag Software, для аналізу та прийняття рішень. Наприклад, IoT-системи дозволяють прогнозувати технічне обслуговування, зменшуючи простої на 20%. IoT також застосовується в управлінні складами. Автоматизовані системи відстежують запаси, оптимізують розміщення вантажів і координують їх транспортування. Наприклад, «розумні» склади, подібні до тих, що використовуються Amazon, адаптуються для агросектору, використовуючи роботів і ШІ для обробки швидкопсувних продуктів.

За допомогою штучного інтелекту можна проводити аналіз великих даних, а саме: оптимізація маршрутів, прогнозування попиту.

При оптимізації маршрутів ШІ відіграє ключову роль у логістиці, аналізуючи дані про погоду, дорожній рух і тип вантажу для створення оптимальних маршрутів. Платформи, такі як IBM Watson Logistics, скорочують час доставки на 15–20% завдяки прогнозуванню затримок. Це особливо важливо для швидкопсувних продуктів, таких як фрукти чи молоко.

Електричні трактори та вантажівки, такі як Monarch Tractor MK-V або Tesla Semi, стають популярними завдяки низьким експлуатаційним витратам і екологічності. Monarch MK-V може працювати до 10 годин на одному заряді, що ідеально підходить для середніх фермерських господарств.

Окрім електрифікації, біопаливо та водневі технології набувають популярності. Водневі вантажівки від Nikola пропонують рішення для транспортування на далекі відстані, забезпечуючи нульові викиди. Але висока вартість технологій обмежує їх доступність для малих фермерів та робота з ШІ та автономними системами вимагає нових навичок.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки автоматизованих та електрифікованих транспортних засобів

<i>Автоматизація та безпілотні транспортні засоби</i>		<i>Електрифіковані транспортні засоби</i>	
<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Зменшення залежності від людської праці. ✓ Підвищення точності операцій, що знижує втрати врожаю. ✓ Можливість цілодобової роботи. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Висока вартість обладнання (від \$100,000 за одиницю). ✓ Необхідність адаптації до місцевих умов (ґрунти, рельєф). ✓ Питання кібербезпеки для захисту від хакерських атак. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Зниження викидів CO₂. ✓ Економія на пальному (до 50% порівняно з дизелем). ✓ Низький рівень шуму. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Обмежена інфраструктура зарядних станцій. ✓ Висока вартість акумуляторів.

Таким чином транспортні технології кардинально змінюють агроінженерію, роблячи її ефективнішою, екологічнішою та стійкою. Автономні транспортні засоби, IoT, ШІ та електрифікація оптимізують логістичні процеси, знижують витрати та зменшують вплив на довкілля. Проте успішна інтеграція цих технологій вимагає подолання значних викликів, зокрема фінансових і регуляторних. У перспективі до 2030 року очікується повна автоматизація великих агрохолдингів, поширення електричних і водневих транспортних засобів, а також розвиток інфраструктури для IoT і 5G. Інвестиції в освіту, інфраструктуру та дослідження сприятимуть створенню інноваційної та сталої транспортної системи в агроінженерії.

Список посилань:

1. CNH Industrial. (2024). Рішення Case IH для автономного землеробства.
2. DJI. (2024). Agras T40: характеристики сільськогосподарського дрона.
3. Trimble Agriculture. (2023). Управління автопарком та рішення Інтернету речей для сільського господарства.
4. IBM. (2024). Watson Logistics: AI для оптимізації ланцюга поставок.
5. Тесла. (2023). Tesla Semi: електрична вантажівка для логістики.
6. McKinsey & Company. (2023). Майбутнє сільського господарства: технологічні тенденції у сільському господарстві.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ

*Городецька Т.Е., к.е.н., доцент; Карнаух М. В., к.т.н., доцент; Логвиненко Н.В., здобувач
Державний біотехнологічний університет*

OPTIMIZATION OF ROLLING STOCK PARAMETERS IN THE ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION ON URBAN ROUTES

*T. E. Gorodetska, PhD in Economics, Associate Professor; M. V. Karnaukh, PhD in Engineering,
Associate Professor; N Logvinenko, researcher
State Biotechnology University*

Міський пасажирський транспорт є одним із ключових елементів міської інфраструктури, що забезпечує щоденну мобільність населення. Ефективність функціонування системи міських пасажирських перевезень значною мірою залежить від відповідності параметрів рухомого складу реальним пасажиропотокам. [1]. Практика організації перевезень в Україні засвідчує поширеність ситуацій, коли рухомий склад не відповідає фактичному попиту ні за місткістю, ні за типом, що суттєво знижує ефективність роботи маршрутів.

За даними досліджень, середній коефіцієнт використання місткості рухомого складу у великих містах України становить 0,55–0,68 протягом доби. При цьому у годину пік він досягає 1,15–1,40, що свідчить про перевантаженість, а у міжпіковий час знижується до 0,20–0,35 – неефективне використання ресурсів. [2]. Нераціональний вибір параметрів рухомого складу підвищує собівартість перевезень на 20–35% та погіршує якість транспортного обслуговування населення.

Аналіз стану організації пасажирських перевезень на міських маршрутах. Визначальним чинником ускладнення задачі вибору параметрів рухомого складу є нерівномірність пасажиропотоків. Добова нерівномірність – найбільш значуща: пасажиропотік у годину пік може у 3–7 разів перевищувати міжпіковий рівень. Крім того, суттєвою є нерівномірність за напрямком (коефіцієнт 1,3–2,0) та за довжиною маршруту (коефіцієнт 1,1–2,4).

Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду свідчить про принципову відмінність у підходах: вітчизняний підхід є статичним (однакові параметри рухомого складу протягом усієї доби), тоді як у країнах Центральної та Північної Європи застосовуються динамічні методи, що передбачають адаптацію параметрів рухомого складу до змінного попиту. Впровадження диференційованого підходу у містах Чехії, Польщі та Скандинавії дозволило підвищити коефіцієнт використання місткості до 0,76 та знизити витрати на 12–18%. [1].

Натурні обстеження пасажиропотоків проведено на 6 репрезентативних маршрутах міста Харкова. Застосовано комбінований метод: автоматизований облік пасажирів за допомогою стереокамерних лічильників у поєднанні з табличним методом для верифікації даних. Загальний обсяг зібраних даних – понад 86 000 записів посадок-висадок впродовж 30 робочих і 10 вихідних днів. До обстеження залучено маршрути чотирьох категорій: магістральні, підвізні, діаметральний та кільцевий.

Математична модель оптимізації параметрів рухомого складу. Основою моделі є рівняння балансу попиту та пропозиції на маршруті, що пов'язує максимальний пасажиропотік Q_{max} , номінальну місткість транспортного засобу q , кількість транспортних засобів n , нормативний коефіцієнт наповнення γ_n та інтервал руху I :

$$Q_{max} = q \cdot n \cdot \gamma_n / I,$$

де Q_{max} – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас./год; q – номінальна місткість транспортного засобу, пас.; n – кількість транспортних засобів на маршруті; γ_n – нормативний коефіцієнт наповнення; I – інтервал руху, год.

Задачу оптимізації параметрів рухомого складу сформульовано як задачу дискретної оптимізації вектора $x = (q^*, n^*, I^*)$ при мінімізації загальних суспільних витрат – витрат перевізника та пасажирів одночасно:

$$Ззаг(q, n, I) = Зпер(q, n) + Зпас(I, \gamma) \rightarrow \min,$$

де $Зпер(q, n)$ – витрати перевізника, що залежать від місткості та кількості транспортних засобів, грн/год; $Зпас(I, \gamma)$ – витрати пасажирів, що визначаються часом очікування та рівнем дискомфорту при переповненні, грн/год.

Залежність витрат перевізника від місткості транспортного засобу описується виразом:

$$Зпер = Спост / q + Сзм \cdot q + Сін,$$

де $Спост$ – постійні витрати (оплата праці водія, накладні витрати), грн/год; $Сзм$ – коефіцієнт зростання витрат зі збільшенням місткості; $Сін$ – інші витрати, грн/год.

Витрати пасажирів враховують вартість часу очікування та дискомфорту при переповненні:

$$Зпас = Сгод \cdot [I/2 + \alpha \cdot \max(Q_{\max} \cdot I/q - \gamma n, 0) \cdot Tп],$$

де $Сгод$ – вартість однієї години часу пасажирів, грн/год; α – коефіцієнт дискомфорту переповненого транспортного засобу ($\alpha = 1,5-2,5$); $Tп$ – тривалість поїздки, год.

За результатами регресійного аналізу даних 42 підприємств міського пасажирського транспорту встановлено коефіцієнти залежності питомої собівартості від місткості: $a = 84,2$; $b = 0,0018$; $c = 0,62$ ($R^2 = 0,91$). Теоретичний мінімум питомої собівартості відповідає місткості $q^* \approx 216$ пас., однак практично оптимальна місткість визначається реальним пасажиропотоком маршруту.

Оптимізація кількості транспортних засобів та критерій диференціації рухомого складу. Оптимальну кількість транспортних засобів визначено шляхом мінімізації суми витрат перевізника (що зростають із збільшенням кількості одиниць рухомого складу) та витрат пасажирів на очікування (що зменшуються зі скороченням інтервалу). Оптимальна кількість транспортних засобів визначається як:

$$n^* = \sqrt{(Сгод \cdot Q_{\max} \cdot Tр / (2 \cdot Стз))},$$

де $Tр$ – час одного оберту (рейсу в обох напрямках), год; $Стз$ – витрати на утримання та експлуатацію одного транспортного засобу за годину, грн/год. Відповідний оптимальний інтервал руху:

$$I^* = Tр / n^* = \sqrt{(2 \cdot Стз \cdot Tр / (Сгод \cdot Q_{\max}))},$$

де I^* – оптимальний інтервал руху, год. Встановлено, що оптимальний інтервал зростає зі збільшенням вартості утримання транспортного засобу і зменшується зі збільшенням пасажиропотоку та вартості часу пасажирів.

Для обґрунтування доцільності застосування різнотипного рухомого складу між часовими зонами розроблено критерій диференціації ΔZ :

$$\Delta Z = Ззаг(q1, z1) + Ззаг(q2, z2) - Ззаг(q0, z1) - Ззаг(q0, z2) - Зпер.смн > 0,$$

де $q1, q2$ – оптимальні місткості транспортних засобів для зон $z1$ та $z2$ відповідно; $q0$ – єдина місткість без диференціації; $Зпер.смн$ – витрати на зміну рухомого складу між зонами, грн/год. Якщо $\Delta Z > 0$, диференціація рухомого складу є економічно доцільною.

Результати дослідження та техніко-економічна оцінка. Результати статистичного аналізу пасажиропотоків підтвердили: на магістральних маршрутах фактичний коефіцієнт використання місткості у годину пік становить 1,18–1,32, що вказує на систематичне перевантаження рухомого складу. На кільцевому маршруті цей показник дорівнює лише 0,62, що свідчить про надлишкову місткість. На підвізних маршрутах малоємний рухомий склад (мікроавтобуси місткістю 18–22 пас.) обумовлює надмірну кількість одиниць – до 22 на маршруті, що посилює завантаженість вуличної мережі та підвищує витрати. [2]

Розрахунки за запропонованою моделлю показали: перехід до оптимальних параметрів рухомого складу дозволяє знизити загальні витрати на 14,8–31,2% залежно від маршруту. Найбільший ефект досягається на підвізних маршрутах при заміні мікроавтобусів

на автобуси малого класу, що дозволяє скоротити кількість одиниць рухомого складу з 22 до 4–8 та відповідно зменшити витрати на оплату праці водіїв.

Критерій доцільності диференціації підтвердив економічну виправданість різнотипного рухомого складу на 5 із 6 досліджуваних маршрутів із щорічною економією 2,3–5,4 млн грн на маршрут. Зведена техніко-економічна оцінка впровадження рекомендацій на всіх 6 маршрутах: скорочення між-пікового парку на 64 одиниці (–69,6%); зниження питомої собівартості перевезень на 23,7%; ліквідація перевантаженості у пікові години (коефіцієнт використання місткості – від 1,23 до нормативних 0,90); загальний річний економічний ефект – 546,3 млн грн при капіталовкладеннях 114 млн грн і терміні окупності близько 2,5 місяця. [1].

Алгоритм вибору рухомого складу та технологічний регламент. На основі розроблених математичних моделей запропоновано покроковий алгоритм вибору типу рухомого складу для міського маршруту, що охоплює: збір вихідних даних (натурні обстеження не менше 10 робочих та 5 вихідних днів); формування множини допустимих варіантів рухомого складу; визначення часових зон та характерних рівнів пасажиропотоку; розрахунок загальних витрат для кожного варіанта; перевірку доцільності диференціації рухомого складу між зонами; складання розкладу та техніко-економічну оцінку рішення.

Технологічний регламент застосування різнотипного рухомого складу встановлює нормативи для 8 основних операцій. Зокрема, зміна рухомого складу між часовими зонами має виконуватись на кінцевій зупинці маршруту та не перевищувати 15 хвилин; передрейсовий технічний огляд – 20 хвилин; контрольний огляд водієм при внутрішньозонній ротації – 5 хвилин.

Висновки. Розроблено комплексну математичну модель оптимізації параметрів рухомого складу на міських маршрутах, яка одночасно враховує нерівномірність пасажиропотоків за часом доби та за довжиною маршруту, різні класи місткості рухомого складу й двосторонній критерій ефективності – мінімум загальних витрат перевізника та пасажирів.

Апробація моделі на 6 маршрутах міста Харкова підтвердила її практичну ефективність: перехід до науково обґрунтованих параметрів рухомого складу забезпечує зниження загальних витрат на 14,8–31,2% та дозволяє ліквідувати систематичне перевантаження рухомого складу у пікові години. Запропоновані рішення рекомендуються до застосування органами місцевого самоврядування та підприємствами міського пасажирського транспорту при формуванні технічних завдань на маршрути та плануванні оновлення парку рухомого складу. [2]

Перспективами подальших досліджень є розширення моделі для врахування взаємодії маршрутів у вузлових пунктах пересадки, розробка динамічних алгоритмів оперативного перерозподілу рухомого складу між маршрутами у режимі реального часу, а також дослідження оптимальних параметрів електричного рухомого складу з урахуванням обмежень за заряджанням акумуляторів.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Caganova, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V.: (2024). Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Caganova, D., Cehlar, M., Hornakova, N. (eds) *Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development*. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4.

ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСЬКИХ УМОВАХ

Юрченко А. Ю., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО

Державний біотехнологічний університет

LOGISTICS SYSTEMS FOR PASSENGER TRANSPORTATION IN URBAN AREAS

Yurchenko A. Y., Student

State Biotechnological University

Транспортна система є головним елементом сучасного міста, діяльність якої здебільшого визначає комфорт життя населення міста, проте, водночас, транспортна система індивідуального та громадського користування виступає на сьогодні одним із ключових джерел забруднення шкідливими речовинами екологічного середовища життєдіяльності людини та шуму. Отже, актуальна проблема найбільш ефективного та збалансованого застосування та вдосконалення системи громадського транспорту набуває особливої актуальності, а її безпосереднє рішення потребує впровадження найсучасніших методів та підходів.

Сучасна ситуація, що виникла області міських перевезень характеризується наявністю великої низки проблемних питань. Одним із них є визначення ефективності функціонування міської пасажирської транспортної системи та шляхів її розвитку [1].

Діяльність автотранспортних організацій та підприємств у сучасних умовах функціонування ринкової економіки реалізується на підставі конкурентних відносин. В даний час ринок автотранспортних послуг відрізняється високим ступенем ризику та невизначеності. Становище посилюється підвищеним рівнем зношування основних виробничих фондів.

Якщо не регулювати процес, ринок транспортних послуг розвиватиметься хаотично, що, безумовно, відіб'ється на рівні якості транспортного обслуговування населення, погіршиться екологія (найсильніше в центральній частині міста). Вплив навколишнього середовища на організм набуде при цьому більш руйнівного характеру, тоді як автомобільні інтенсивні потоки зменшать швидкість пересування. Реально значно зростає загроза життю через дорожньо-транспортні пригоди (ДТП).

Логістика, стосовно пасажирського транспорту, є сукупністю технічних засобів, проектних рішень та методів управління та організації, що забезпечують заданий рівень обслуговування пасажирів, а також їх надійну, безпечну та безперервну доставку при мінімальних витратах у певний час "від дверей до дверей". Застосування на пасажирському транспорті логістичного підходу сприяє оптимізації перевізного процесу, що розглядається як логістична система об'єктів інфраструктури та операторів, за допомогою логістичних зв'язків, що беруть участь у процесі реалізації транспортних послуг.

Формування оптимальної транспортної системи регіону (міста) передбачає застосування логістичного підходу ще на початкових етапах, таких як проектування та містобудівні роботи [2]. Це сприяє значному скороченню потреб населення у перевезеннях шляхом наближення до місць праці, а також проведення дозвілля, місць проживання та навпаки.

Структура пасажирської транспортної мережі, що проектується, повинна бути побудована за принципом мінімізації повних витрат часу кожного пасажирів, у тому числі часу очікування транспортного засобу, підходу до зупинного пункту, часу поїздки та пересадки та ін.

Крім того, транспортна логістика сприяє усуненню протиріч, що виникають між цілями пасажирів та перевізників, транспортними підприємствами різноманітних форм власності, що працюють на одному ринку транспортних послуг.

Загалом систему міських пасажирських перевезень слід аналізувати з обох сторін. Так, з одного боку, вона є сферою ринкових відносин, тобто. область взаємодії суб'єктів підприємницької діяльності різних форм власності, що безпосередньо забезпечують перевезення городян та споживачів транспортних послуг.

Міський пасажирський транспорт, з іншого боку, є важливим елементом соціальної інфраструктури, яка підтримує нормальну життєдіяльність міста та передбачає загальну доступність транспорту, а також можливість городян задовольнити власні транспортні потреби за його допомогою.

Діяльність системи міських пасажирських перевезень в логістичній інфраструктурі муніципальної економіки своєю основною метою має підтримку високої якості транспортного обслуговування за одночасної мінімізації бюджетних витрат.

Застосування на пасажирському транспорті логістичного підходу, при якому міський транспортний комплекс представляється як структурована система, а процес перевезення, у свою чергу, як логістичний ланцюг об'єктів інфраструктури та операторів, що взаємодіють між собою за допомогою логістичних зв'язків, сприяє оптимізації виробництва транспортних послуг, а також забезпеченню загальної задоволеності потреб найбільших потреб в різних категоріях наявності.

Характерною особливістю використання в управлінні міським пасажирським транспортом логістичних методів на етапі виступає різноманіття характеру форм організації та послуг інфраструктури міського пасажирського транспорту [3].

Слід зазначити, що сутність логістичного підходу до формування технічної інфраструктури міського пасажирського транспорту полягає в організації найбільш коротких зв'язків між ключовими пасажироутворюючими пунктами, в обліку конкретних обсягів пасажиропотоків, вимог комфортабельного проїзду при виборі та розрахунку найбільш оптимальних типів транспортних засобів, рухомого складу.

Логістика стосовно пасажирського транспорту виступає сукупністю технічних засобів, проектних рішень, методів управління та організації, які забезпечують встановлений рівень обслуговування пасажирів, а також їх надійну та безпечну безперервну доставку при мінімальних витратах "від дверей до дверей" у конкретний час. Також логістична система забезпечує масові кореспонденції пасажирів, які мають єдину мету поїздки.

Отже, використання транспортної логістики при пасажирських перевезеннях дає можливість ліквідувати серйозні протиріччя, що виникають між транспортними та пасажирськими підприємствами, з одного боку, а з іншого боку – між суспільством та транспортними підприємствами.

Аналіз діяльності підприємства та його основних техніко-економічних показників роботи свідчить про проблеми, що існують на підприємстві, внаслідок необґрунтованих витрат у процесі реалізації його діяльності, що впливають на собівартість продукції підприємства та, відповідно, знижують можливий отриманий прибуток.

На сьогоднішній день послуги автотранспортних підприємств не вважаються в суспільстві чимось недоступним або ознакою надмірності в житті. Саме тому попит ними щороку зростає, і навіть зростає над ринком кількість компаній.

Список посилань:

1. Войтов, А. В., & Кузнець, В. О. (2025). Елементи перевізного процесу та їх технологічний зв'язок.
2. Войтов, А. В., & Чугай, А. О. (2025). Форми і методи координації роботи різних видів транспорту.
3. Vojtov, V., Kravtsov, A., Voitov, A., Berezhna, N., Sysenko, I., Kryvenko, L., & Babaryka, I. (2024). The concept of assessing the ergonomic stability of the traffic flow of large places with the balance of the dynamics of changes in flow factors. ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК. ТЕХНІЧНІ НАУКИ Учредители: Central Ukrainian National Technical University, 2(9), 256-272.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ВИДІВ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ
Кравцов А.Г., к.т.н., Гавриляка Б. В., бакалавр, Державний біотехнологічний університет

IMPROVING THE ORGANIZATION OF THE INTERACTION OF TYPES OF URBAN PASSENGER TRANSPORT AT TRANSPORT AND TRANSFER NODES
Kravtsov A, PhD, Havrylyaka B, bachelor's degree, State Biotechnological University (SBTU)

У сучасних умовах розвитку транспортної системи міст України однією з найбільш актуальних проблем залишається недостатній рівень координації роботи різних видів міського та приміського пасажирського транспорту. Відсутність єдиного центру управління транспортною політикою та недостатня інтеграція між окремими видами транспорту призводять до неузгодженості маршрутів, дублювання транспортних напрямків, нерівномірного розподілу пасажиропотоків та зниження загальної ефективності транспортного обслуговування населення [1]. У результаті пасажирів стикаються з проблемами тривалого очікування транспорту, незручними пересадками, перевантаженням окремих маршрутів та недостатнім рівнем комфортності перевезень.

Комплексний розвиток усіх видів міського пасажирського транспорту, координація їх функціонування та впровадження єдиної системи управління рухом є важливими передумовами підвищення якості транспортного обслуговування населення [2]. Ефективне функціонування транспортної системи можливе лише за умов узгодженої взаємодії автобусного, тролейбусного, трамвайного транспорту, метрополітену, приміських маршрутів та інших видів перевезень. При цьому особливе значення має не лише координація роботи транспортних підприємств, але й забезпечення взаємодії транспортної галузі з дорожнім будівництвом, містобудуванням, виробництвом рухомого складу, системою підготовки кадрів та розвитком транспортної інфраструктури [3].

Для забезпечення ефективної організації перевезень необхідним є постійне вивчення розподілу пасажиропотоків і закономірностей пересування населення. Проведення комплексних обстежень пасажиропотоків дозволяє визначити найбільш завантажені напрямки руху, оцінити рівень транспортного попиту та своєчасно коригувати маршрутну мережу відповідно до змін у структурі міста та потреб населення. На основі отриманих даних здійснюється науково обґрунтоване планування транспортної мережі, формування раціональної маршрутної системи та визначення оптимальної кількості рухомого складу на маршрутах [4]. Особливу увагу необхідно приділяти створенню сучасних транспортно-пересадочних вузлів, які забезпечують зручну та швидку пересадку пасажирів між різними видами транспорту. Найбільш важливими елементами такої системи є пересадочні вузли біля станцій метрополітену, залізничних вокзалів, автовокзалів та зупинок наземного громадського транспорту. Раціональна організація пересадкових вузлів сприяє скороченню часу пересадки, підвищенню комфортності поїздок та зменшенню транспортного навантаження на центральні райони міст.

Внаслідок воєнних дій в Україні протягом останніх років, що спричинило міграцію населення у великих містах особливо в західній частині спостерігається суттєве підвищення рухомості населення, що супроводжується збільшенням середньої дальності поїздок та інтенсивності транспортних потоків [5]. Одночасно зростає рівень завантаженості магістральних вулиць і транспортних вузлів, що негативно впливає на швидкість руху громадського транспорту та загальний рівень транспортного обслуговування населення.

За таких умов функціонування окремих видів транспорту необхідно розглядати не ізольовано, а як єдину інтегровану транспортну систему міста, головною метою якої є забезпечення максимально зручного, безпечного та швидкого пересування населення [6].

Важливою складовою комплексного розвитку міського пасажирського транспорту є встановлення єдиних показників якості транспортного обслуговування та узгоджених критеріїв оцінювання ефективності роботи транспортних підприємств [7]. До таких показників належать регулярність руху, інтервали руху транспортних засобів, швидкість сполучення, рівень комфортності, безпека перевезень, доступність транспорту для маломобільних груп населення та рівень екологічності транспортних засобів. Використання єдиної методики оцінювання дозволяє забезпечити об'єктивний контроль якості транспортних послуг та підвищити ефективність управління транспортною системою. Значна увага також повинна приділятися узгодженню маршрутної мережі, інтервалів та частоти руху транспортних засобів, особливо на найбільш завантажених напрямках [8]. Координація роботи різних видів транспорту дозволяє уникнути дублювання маршрутів, забезпечити рівномірний розподіл пасажиропотоків та підвищити провізну спроможність транспортної системи. Особливо важливим є узгодження розкладів руху у години «пік», коли транспортна система працює з максимальним навантаженням. Комплексний підхід до організації міських пасажирських перевезень також передбачає реалізацію заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху, збільшення пропускнуєї спроможності вулично-дорожньої мережі та покращення екологічного стану міського середовища [9]. У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження екологічно чистого громадського транспорту, оптимізація транспортних потоків та розвиток інтелектуальних транспортних систем управління рухом.

Отже, ефективне функціонування міського та приміського пасажирського транспорту можливе лише за умов комплексного підходу до розвитку транспортної системи та забезпечення узгодженої взаємодії всіх її складових. Сучасні тенденції урбанізації, зростання рухомості населення та збільшення навантаження на транспортну інфраструктуру потребують впровадження єдиної системи управління транспортом, удосконалення маршрутної мережі, автоматизації процесів управління рухом і розвитку транспортно-пересадочних вузлів. Важливими напрямками розвитку залишаються підвищення якості транспортного обслуговування, забезпечення безпеки перевезень, скорочення часу поїздок та створення комфортних умов для пасажирів. Реалізація комплексних заходів з координації роботи всіх видів громадського транспорту сприятиме підвищенню ефективності транспортної системи міст України, покращенню мобільності населення та забезпеченню сталого розвитку міської інфраструктури.

Список посилань:

1. Горбачов П. Ф., Шраменко Н. Ю. Організація транспортних систем міст : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2021. 286 с.
2. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2023. 368 с.
3. Григорак М. Ю., Савченко Л. В. Інтегровані транспортні системи та мультимодальні перевезення : монографія. Київ : Ліра-К, 2023. 298 с.
4. Науменко М. О., Нагорний Є. В. Організація автобусних перевезень : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2022. 286 с.
5. Державна служба статистики України. Транспорт і зв'язок України 2024 : статистичний збірник. Київ, 2025. 154 с.
6. Мироненко В. К. Міські транспортні системи та проблеми їх розвитку. Київ : Центр учбової літератури, 2023. 320 с.
7. Бутенко О. П., Давидич Ю. О. Управління транспортними процесами : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2022. 274 с.
8. Шраменко Н. Ю. Організація руху громадського транспорту у великих містах. Вісник ХНАДУ. 2023. № 101. С. 61–69.
9. Транспортна стратегія України на період до 2030 року. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 56 с.

**ТРАНСФОРМАЦІЯ РИНКУ ЛОГІСТИЧНОГО АУТСОРСИНГУ УКРАЇНИ
В УМОВАХ ВІЙНИ: СТРУКТУРНІ ЗМІНИ, КОНКУРЕНТНІ ТЕНДЕНЦІЇ
ТА ТРАНСПОРТНА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ ОПЕРАТОРІВ**

*Бабан Т.О. к.е.н., доцент
Державний біотехнологічний університет*

**TRANSFORMATION OF THE UKRAINIAN LOGISTICS OUTSOURCING
MARKET IN WARTIME: STRUCTURAL CHANGES, COMPETITIVE TRENDS
AND TRANSPORT SPECIALIZATION OF OPERATORS**

*Baban T.O., Ph.D. in economics
State Biotechnological University*

У 2026 році ринок логістичного аутсорсингу України перейшов від моделі антикризового функціонування до етапу активної структурної трансформації. Повномасштабна війна стала каталізатором глибоких змін у транспортно-логістичній системі держави, прискоривши процеси цифровізації, регіональної переорієнтації та розвитку мультимодальних перевезень. Водночас ринок демонструє високий рівень адаптивності, що підтверджується стабільними фінансовими показниками провідних логістичних операторів.

В умовах воєнної економіки логістичний сектор став одним із ключових елементів забезпечення безперервності внутрішньої торгівлі, експорту та функціонування виробничих ланцюгів. За оцінками аналітиків, сукупний дохід тридцяти найбільших логістичних операторів України у 2025 році перевищив 9,9 млрд грн. Значна частина ринку концентрується у руках міжнародних компаній, зокрема FM Logistic, Kuehne + Nagel та Raben, які контролюють понад половину загального обсягу доходів сектору [7].

Водночас українські компанії демонструють значно вищі темпи зростання, що свідчить про їхню гнучкість та швидку адаптацію до кризових умов.

Однією з ключових тенденцій розвитку ринку стало домінування автомобільних перевезень. Це пояснюється руйнуванням частини залізничної та портової інфраструктури, обмеженнями морської логістики та потребою у швидкому реагуванні на зміни маршрутів постачання. Автомобільний транспорт забезпечує високу мобільність, оперативність та можливість швидкої зміни логістичних ланцюгів.

За результатами дослідження PwC в Україні [1], структура логістичного ринку за видами транспорту має такий вигляд:

- автомобільні перевезення – 48%;
- мультимодальні та комбіновані перевезення – 16,5%;
- партнерська логістика без власного транспорту – 19%;
- залізничні, морські та авіаційні перевезення у чистому вигляді – близько 16,5%

(табл. 1).

Таблиця 1 - Структура ринку логістичного аутсорсингу України

Вид транспорту / модель логістики	Частка ринку, %	Характеристика
Автомобільні перевезення	48	Домінуючий сегмент через гнучкість та швидку адаптацію
Партнерська логістика	19	Використання сторонніх транспортних операторів
Комбіновані (мультимодальні) перевезення	16,5	Поєднання кількох видів транспорту
Залізничні, морські та авіаційні перевезення	16,5	Використовуються переважно міжнародними операторами

Отже, автомобільний транспорт залишається базовою основою українського логістичного ринку. Разом із тим спостерігається активний розвиток мультимодальних

рішень, що поєднують автомобільні, залізничні, морські та авіаційні перевезення. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики, диверсифікувати маршрути та підвищити стійкість логістичних ланцюгів.

До початку повномасштабного вторгнення логістичний ринок України характеризувався відносно збалансованою структурою перевезень із домінуванням автомобільного та залізничного транспорту. Основою ринку залишалися транспортно-експедиторські компанії, які поєднували послуги перевезення, складування та митного супроводу. Водночас морська логістика відіграла стратегічну роль у забезпеченні експортних поставок аграрної та металургійної продукції через чорноморські порти [4].

Порівняно з 2026 роком, довоєнна структура ринку була більш диверсифікованою за видами транспорту. Частка морських та залізничних перевезень була суттєво вищою завдяки стабільній роботі портів Чорного моря та повноцінному функціонуванню експортної інфраструктури.

Важливою сучасною тенденцією стала географічна переорієнтація логістичних потужностей. Значна частина операторів переміщує склади, транспортні вузли та розподільчі центри до західних регіонів України. Близько 40% компаній планують розширення саме у західному напрямку, що пояснюється близькістю до ринку Європейського Союзу, відносно безпекою та розвитком прикордонної інфраструктури. Ще 32% операторів концентрують увагу на центральних регіонах країни. Крім внутрішньої релокації, український логістичний бізнес активно орієнтується на європейський ринок. Майже половина компаній розглядають країни ЄС як основний напрям міжнародної експансії. Це стимулює адаптацію логістичних процесів до європейських стандартів, розвиток митної інфраструктури та інтеграцію цифрових платформ управління перевезеннями.

Аналіз фінансових результатів найбільших операторів демонструє неоднорідність ринку. Міжнародні компанії утримують лідерські позиції за обсягами доходів, проте локальні оператори забезпечують значно вищу динаміку розвитку. Так, українські компанії GOL, TVL та FTP продемонстрували темпи зростання понад 130% [5].

Особливо показовим є приклад компанії PLS Logistics, створеної вже після початку повномасштабного вторгнення. Компанія за короткий період увійшла до п'ятірки найбільших логістичних операторів країни, продемонструвавши надзвичайно високі темпи фінансового зростання. Суттєві зміни відбуваються також у структурі логістичних послуг. Якщо раніше ключовим елементом конкурентоспроможності були транспортні потужності, то сьогодні визначальну роль відіграють цифрові технології, автоматизація складів, системи моніторингу перевезень та аналітика даних. Логістичні оператори дедалі активніше впроваджують CRM-, ERP- та TMS-системи, цифрові сервіси відстеження вантажів та елементи штучного інтелекту для оптимізації маршрутів.

Паралельно посилюється роль спеціалізованої складської інфраструктури. Найбільш поширеними форматами стали: склади з кліматичним контролем; крос-докінгові комплекси; митні склади; відкриті логістичні майданчики; мультимодальні логістичні хаби.

Особливого значення набуває енергонезалежність логістичних центрів, оскільки ризики пошкодження енергетичної інфраструктури стимулюють компанії інвестувати у резервні системи живлення, генератори та автономні енергетичні рішення.

У сучасних умовах конкурентоспроможність логістичних операторів дедалі більше залежить від здатності інтегрувати цифрові технології, забезпечувати прозорість поставок та швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Саме тому перевагу отримують компанії, які поєднують транспортні послуги з аналітикою, цифровими платформами та спеціалізованими логістичними рішеннями. Таким чином, ринок логістичного аутсорсингу України у 2026 році характеризується високим рівнем трансформації, структурною перебудовою та посиленням конкуренції. Війна стала не лише фактором ризику, а й каталізатором модернізації галузі. Основними тенденціями розвитку є домінування автомобільних перевезень, регіональна релокація логістичних потужностей, інтеграція з європейським ринком, розвиток мультимодальної логістики та цифровізація управління

транспортними процесами. Перспективи подальшого розвитку ринку значною мірою залежатимуть від рівня технологічної модернізації компаній, швидкості інтеграції до європейського логістичного простору та відновлення транспортної інфраструктури України.

Список посилань:

1. 30 найбільших компаній на ринку складської логістики України. *PwC Україна*. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/publications/2026/naibilshi-kompanii-skladskoi-lohistryky-ukrainy.html>
2. Інтелектуальна логістика, ESG та сталий розвиток – майбутні тренди на ринку 3PL : дослідження PwC. *PwC Україна*. К., 2026. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/press-room/2026/maibutni-trendy-ryнку-3pl.html>
3. Комчатних О. В. Особливості функціонування українських транспортно-логістичних підприємств. *Підприємництво і торгівля*. 2021. №30. С. 38–43. DOI: 10.36477/2522-1256-2021-30-06.
4. Ринок 3PL в Україні 2025–2026 : дослідження PwC. *PwC Україна*. URL: <https://www.pwc.com/ua/uk/services/tax/customs/logistichni-kompanii-ukrainy-3pl-fulfillment.html>
5. 3PL Market Outlook: Practical Benchmark 2025–2026. PwC Ukraine. URL: <https://www.pwc.com/ua/en/services/tax/customs/ukraine-logistics-market-research.html>
6. About one quarter of 3PL operators in Ukraine face staffing shortages in warehouse logistics – PwC. *Interfax-Ukraine*. URL: <https://en.interfax.com.ua/news/economic/1160191.html>
7. 30 найбільших компаній на ринку складської логістики України. *Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua/ratings/30-naybilshikh-kompaniy-na-rinku-skladskoi-logistiki-ukraini-21042026-38132?>
8. Forbes Agro 2026: How New Standards Are Reshaping Ukraine’s Agribusiness Model — and the Role of Logistics in This Transformation. *TEUS Logistics*. URL: <https://teus.com.ua/en/blog/forbes-agro-2026-how-new-standards-are-reshaping-ukraine-s-agribusiness-model-and-the-role-of-logistics-in-this-transformation04-march-2026/>

УДК 656.051

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАТУРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕЖ ОБ’ЄКТА ПРОСТОРОВОЇ КООРДИНАЦІЇ

Губарев О.С., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Скалозубов О.О., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Любий Є.В., зав. каф. транспортних систем і логістики, к.т.н., доц.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

METHODOLOGY FOR CONDUCTING FIELD SURVEYS OF TRAFFIC FLOWS TO DETERMINE THE BOUNDARIES OF A SPATIAL COORDINATION AREA

Hubariev Oleksandr, PhD student
Skalozubov Oleksandr, PhD student
Liubyi Yevhen, Head of the Department of Transport Systems and Logistics, PhD, As. Prof.
Kharkiv National Automobile and Highway University

Основною метою проведення натурних спостережень є отримання кількісного критерію, який дає чітку та обґрунтовану відповідь на запитання: де доцільно провести межю об’єкта просторової координації (так званої «зеленої хвилі»? Або, іншими словами, на якому перехресті слід зупинитися під час розширення області скоординованого керування рухом? У сучасній практиці організації дорожнього руху часто використовуються суб’єктивні оцінки, що ґрунтуються на відстані між сусідніми регульованими перехрестями та інтуїтивних міркуваннях щодо розпаду пачки автомобілів. Прийнято вважати, що зі

збільшенням відстані ефективність координації падає, і краще використовувати індивідуальне налаштування світлофорного циклу. Проте найбільша проблема такого підходу полягає в тому, що ключовим фактором є не лише відстань, а наявність проміжних джерел формування транспортного потоку на перегоні. Виїзди з дворів, паркувань або значні поворотні потоки з другорядних напрямків можуть кардинально змінити параметри потоку і зробити координацію неефективною навіть на малій відстані [1-5]. Тому ключовим параметром під час визначення доцільності внесення чергового регульованого перехрестя до плану мережевої координації є безпосереднє обстеження характеристик транспортних потоків, який прибуває до вже включеного в координацію перехрестя [6].

Для того, щоб оцінити потенційні можливості включення сусіднього регульованого перехрестя до мережевої координації, необхідно провести обстеження транспортних потоків на обраному поперечному зрізі дороги. До вибору цього перерізу висуваються такі жорсткі вимоги [1, 3, 4]:

- контрольний переріз має розташовуватися на невеликій відстані перед перехрестям, до якого прибуває потік;
- відстань від зрізу до стоп-лінії перехрестя має бути достатньою, щоб черга транспортних засобів, яка очікує на дозвільний сигнал, не впливала на результати. Тобто процес зупинки автомобілів не повинен відображатися на фіксованих інтервалах їх проїзду повз зріз;
- на ділянці між контрольним зрізом і перехрестям суворо забороняється наявність нерегульованих примикань другорядних вулиць;
- бажано, щоб на цій ділянці також не було незначних джерел появи автомобілів, таких як виїзди з житлових зон, дворів та великих паркувальних майданчиків, оскільки вони порушують циклічність процесу прибуття.

Процедура збору первинних даних має забезпечувати репрезентативність та статистичну надійність результатів: - безперервне спостереження має тривати щонайменше одну годину; - ця година обов'язково розбивається на 15-хвилинні інтервали. Такий крок приймається як стандартний орієнтир оцінки стабільності транспортного потоку відповідно до сучасних методичних документів, зокрема НСМ 2010; під час обстеження фіксуються точні моменти перетину переднім бампером кожного транспортного засобу площини поперечного зрізу дороги; для коректної математичної обробки початком обстеження приймається момент проїзду через переріз найпершого зафіксованого транспортного засобу, а закінченням – момент проїзду останнього транспортного засобу у досліджуваному часовому інтервалі.

Під час обстеження формується масив емпіричних даних [1]:

- T_s – фактична тривалість обстеження; - N_s – загальна кількість зафіксованих за час спостереження транспортних засобів; - N – кількість зафіксованих інтервалів між транспортними засобами; - t_k – фактичний момент проїзду k -го автомобіля.

Для розуміння того, чи придатний потік для координації, необхідно проаналізувати випадкову величину – інтервал прибуття. Найбільш інформативними параметрами є математичне очікування інтервалу M та його середньоквадратичне відхилення σ . У теорії транспортних потоків виділяють кілька крайніх станів, з якими може порівнюватися фактичний потік транспортних засобів:

- регулярний (рівномірний) потік. Транспортні засоби рухаються з абсолютно рівними інтервалами. Цей ідеалізований випадок абсолютно не придатний для координації і характеризується нульовим середньоквадратичним відхиленням ($\sigma=0$);
- найпростіший (Пуасонівський) потік. Події (поява транспортних засобів) розподілені у часі рівномірно та випадково, інтервали розподілені показниково. Цей потік також не підходить для координації, оскільки в ньому неможливо виокремити проміжки зі зниженою інтенсивністю для заборони проїзду без збільшення затримок. У такому потоці стандартне відхилення дорівнює математичному очікуванню;

- групове прибуття (прибуття пачками). Ідеальним варіантом для включення в координацію є наявність у потоці однієї або кількох щільних пачок транспортних засобів з рівними інтервалами між цими пачками.

Оскільки транспортні засоби мають фізичні габарити і рухаються з певною дистанцією безпеки, нульовий інтервал між ними зустрітися не може. Існує мінімальний інтервал T_{min} , який визначається експериментально (як мінімум із зафіксованих у щільному потоці) або розрахунковим шляхом. Через наявність T_{min} реальний випадковий потік має коефіцієнт варіації CV менший за одиницю, що ускладнює його порівняння з теоретичним найпростішим потоком. Щоб усунути цю невідповідність, необхідно провести математичне перетворення емпіричних даних – «вирізати» відрізки T_{min} з кожного інтервалу.

Перехід від початкової тривалості обстеження T_s до її ідеалізованого аналога T_a : $T_a = T_s - N_s \cdot T_{min}$. Перетворення моментів проїзду для k -го транспортного засобу: $t_{ak} = t_k - (k - 1) \cdot T_{min}$. Розрахунок приведених (ідеалізованих) інтервалів між k -м та $(k+1)$ -м транспортними засобами: $\tau_{ak} = \tau_k - T_{min}$. Таке перетворення забезпечує рівність коефіцієнта варіації перетвореного випадкового (Пуассонівського) потоку одиниці [1].

Після ідеалізації даних обчислюється розрахунковий критерій на основі квадрата коефіцієнта варіації перетвореного потоку. Фактичний середній інтервал перетвореного потоку розраховується як: $M_a = T_a/N$. Критерій доцільності розширення меж мережевої координації розраховується за формулою і залежить від кількості виділених пачок i та загальної кількості інтервалів N : $CV^2 = [(T_a \cdot N_s)/(i \cdot M_a)] - 1$. Якщо розрахункове значення критерію для перетвореного транспортного потоку виявляється близьким до показників найпростішого потоку (≈ 1) або ще нижчим, це дає однозначну негативну відповідь щодо доцільності координації. Це вказує на високу рівномірність прибуття транспортних засобів, за якої виокремлення «зеленої хвилі» не дасть економії часу. Перевищення фактичним значенням критерію його теоретичних розрахункових показників свідчить про наявність виражених пачок у потоці. Це вказує на потенційну доцільність включення додаткового регульованого перехрестя у план мережевої координації. Слід розуміти, що величина критерію є необхідною, але не достатньою умовою. Задовільне значення критерію свідчить про придатність потоку, проте остаточне рішення повинно враховувати геометрію вулично-дорожньої мережі та підтверджуватися за допомогою імітаційного моделювання.

Список посилань:

1. Горбачов, П. Ф., Любий, Є. В. Критерій включення регульованого перехрестя в план просторової координації. *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2024. 4(78). С. 21–26. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.4.021>.
2. Horbachov, P., Liubiy, Y., Svichynskiy, S., Muzylyov, D., Ivanov, V. A comprehensive assessment of arterial signal coordination through a case study. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2025. 29, 101321. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101321>.
3. Скалозубов О.О. Сучасні проблеми формування планів мережевої координації на міських магістралях. *Сучасне автомобілебудування, транспорт і дорожня інфраструктура '2025' (MAITRI 2025)*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 30-31 жовтня 2025). Харків: ХНАДУ. 2025. С. 406-408
4. Skalozubov O.O., Hubariev O.S. Problems of ensuring uniform vehicle movement in signal coordination plans. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи*: Збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 19 грудня 2025) Київ: СЛУ ім. В. Даля. 2025. С. 78–81.
5. Колій О.С., Любий Є.В. Порівняльний аналіз ефективності руху транспортних потоків у разі реалізації зеленої хвилі з урахуванням впливу на другорядні дороги. *Вісник ВПІ*, 2025. 4. С. 162–169. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-181-4-162-169>.

6. Любий Є.В., Горбачов П.Ф., Капінус С.В., Губарєв О.С. Експериментальна оцінка впливу часу випередження на ефективність плану координації. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2025. 2(25). С. 190–197. DOI 10.36910/automash.v2i25.1927.

УДК 656.073

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

*Жувак М. В., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

TRANSPORT EFFICIENCY IN MODERN CONDITIONS

*Guvak M. V., Student
State Biotechnological University*

Міський пасажирський транспорт загального користування є невід'ємною інфраструктурною частиною сучасного міста, дозволяючи зв'язати його територію на єдиний життєвий простір. Громадський транспорт є головним інструментом, що дозволяє забезпечити транспортне обслуговування населення та знайти компроміс між інфраструктурними обмеженнями міської території та потребами мешканців у транспортних кореспонденціях.

Зростання автомобілізації населення вимагає вжиття заходів щодо підвищення привабливості громадського транспорту в очах мешканців міста, створення умов для його зручного використання та зниження витрат на транспортні кореспонденції [1]. Оскільки даний вид транспорту є лише частиною транспортної системи міста, ефективна організація його роботи вимагає комплексного підходу до вирішення питань транспортного обслуговування населення, що включають питання містобудування, розвитку транспортної інфраструктури, паркувальної політики, організації пішохідного руху і т.д.

З погляду управління галуззю міських пасажирських перевезень взаємовідносини між її суб'єктами мають бути прозорі задля забезпечення стабільності роботи галузі [2]. У той же час система управління галуззю повинна бути досить гнучкою, механізми адміністрування повинні забезпечувати розвиток пасажирських перевезень відповідно до попиту населення, що змінюється.

На сучасному розвитку суспільства масштаби та якість послуг міського пасажирського транспорту (МПТ) багато в чому визначають перспективи суспільного прогресу, підвищення матеріального добробуту та культурного рівня життя населення, зростання ефективності суспільного виробництва за допомогою створення умов, що вивільняють час населення та сприяють високопродуктивній праці.

Міський пасажирський транспорт має важливу соціально-економічну значущість для розвитку міст, регіонів та країни в цілому [3]. Від якісної та стабільної роботи МПТ залежить пожвавлення активності населення та повноцінний розвиток економіки Українських міст та регіонів, у яких понад 75% населення користується послугами громадського транспорту. Стійке функціонування міського пасажирського транспорту одна із показників якості життя населення.

У сучасних умовах, у зв'язку з реалізацією політики забезпечення соціальних пріоритетів, коли людина з периферії економічних інтересів переміщується до їхнього центру, зростає роль сфери послуг загалом та транспортних послуг зокрема. Завданням міського пасажирського транспорту в сучасних умовах є таке перевезення пасажирів, якість якого максимально задовольнятиме вимогам споживачів.

У разі, коли ринку пасажирських транспортних послуг поруч із муніципальним транспортом виступають розрізнені перевізники приватної форми власності, діючі незалежно друг від друга, особливо актуальними стають питання вдосконалення управління міським пасажирським транспортом.

Здійснення ефективного управління міським пасажирським транспортом та розробка заходів щодо покращення якості послуг МПТ, що задовольняє споживачів, потребує об'єктивної оцінки рівня якості.

Тому актуальними є питання вдосконалення оцінки якості послуг міського пасажирського транспорту, що дозволяють визначити рівень якості послуг муніципального та приватного автотранспорту та системи МПТ загалом.

Мета впровадження або вдосконалення системи автоматизованого управління міськими пасажирськими маршрутизованими перевезеннями - підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності підприємств пасажирського транспорту та організації, що виражається в координації діяльності міського маршрутизованого пасажирського транспорту, збільшенні обсягів та швидкостей перевезень пасажирів, підвищення якості транспортно обслуговування населення, а також зниження собівартості перевезень.

Метою управління перевізним процесом є задоволення потреб населення в автобусних перевезеннях за умови забезпечення безпечної та ефективної роботи рухомого складу.

А також для диспетчерського управління, вибору організаційно-економічних заходів впливу за результатами аналізу виконаного руху, включаючи питання матеріального стимулювання праці водіїв, диспетчерського та експлуатаційного персоналу.

Як показав аналіз відділу моніторингу, підприємство стежить за якістю послуг, станом графіків руху транспорту, підбором кадрів в організації.

Пасажирські перевезення, будучи витратною частиною економіки в умовах зміни системи господарських зв'язків, повинні забезпечувати високу якість доставки пасажирів з мінімальними транспортними витратами та максимально високу безпеку дорожнього руху. Для досягнення цієї мети перевізнику необхідно:

- правильно використовувати на практиці вимоги нормативно-правової документації, технічних стандартів та умов при організації перевізного процесу;
- враховувати характерні особливості пасажирських перевезень та транспортне обладнання;
- грамотно проектувати технологічні процеси перевезень пасажирів, графіки роботи транспорту, водіїв та кондукторів;
- вміти оптимізувати роботу парку, знати шляхи підвищення ефективності його роботи;
- ефективно організувати роботу з планування та управління виробничою діяльністю автотранспортної організації;
- використати сучасні засоби моніторингу роботи транспорту;
- забезпечувати безпеку перевізного процесу.

Розвиток телематики, розширення її доступності навіть для невеликих автотранспортних підприємств дозволить постійно контролювати перевізний процес, в режимі реального часу стежити і за необхідності коригувати графіки руху транспорту по всьому шляху його прямування [4].

Список посилань:

1. Войтов, А. В., & Чугай, А. О. (2025). Форми і методи координації роботи різних видів транспорту.
2. Vojtov, V., Kravtsov, A., Voitov, A., Berezhna, N., Sysenko, I., Kryvenko, L., & Babaryka, I. (2024). The concept of assessing the ergonomic stability of the traffic flow of large places with the balance of the dynamics of changes in flow factors. ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК. ТЕХНІЧНІ НАУКИ Учредители: Central Ukrainian National Technical University, 2(9), 256-272.
3. Войтов, А. В., & Кузнець, В. О. (2025). Елементи перевізного процесу та їх технологічний зв'язок.
4. Войтов, А. В., & Муравська, А. С. (2025). Значення транспорту в економіці країни.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ЯК ФАКТОР ЗМЕНШЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ

Козенок А.С., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Гнатюк К.І.

Державний біотехнологічний університет

OPTIMIZATION OF VEHICLE LOADING AS A FACTOR IN REDUCING THE CARBON FOOTPRINT

Kozenok A., PhD

State Biotechnological University (SBTU)

Hnatiuk K.

State Biotechnological University (SBTU)

Одне з основних джерел забруднення атмосфери – автомобільний транспорт. У викидах автомобілів знаходяться такі шкідливі речовини, як угарний газ, окиси азоту, тверді частинки та летючі органічні з'єднання. 90% викидів угарного газу, які потрапляють в атмосферу, спричинені автомобільним транспортом. У разі його високого вмісту в повітрі газ викликає сонливість і навіть призводить до смерті. Максимальна кількість викидів реєструється в години пік, причому всередині автомобіля концентрація шкідливих речовин найбільша [1].

Поширення засад функціонування цифрової трансформації породило нові можливості для транспортних підприємств впритул наблизитись до кардинального та ефективного розв'язання нагальних проблем їх діяльності, одними з найважливіших серед яких є екологічні. У процесі забезпечення основної діяльності транспортних підприємств відбувається негативний вплив транспортних засобів на навколишнє середовище за такими напрямками: глобальне потепління і як наслідок довгостроковий вплив на клімат викидів... [2].

Фундаментальна залежність між масою транспортного засобу та витратами пального має чітке фізичне обґрунтування: чим важчим є автомобіль, тим більше енергії потрібно для його розгону та підтримання швидкості. Цей ефект особливо помітний під час руху в міському циклі з частими зупинками [3].

Недостатній рівень завантаження транспортних засобів призводить до збільшення кількості рейсів, підвищення витрат пального та зростання обсягів викидів CO₂ на одиницю перевезеного вантажу. Дослідження показують, що підвищення коефіцієнта завантаження дозволяє суттєво зменшити питомі викиди без скорочення обсягів перевезень.

Одним із найефективніших підходів є консолідація (групування) вантажів. Метод групейджу (groupage shipping) передбачає об'єднання невеликих партій вантажу від різних відправників в одному транспортному засобі. Це дозволяє мінімізувати кількість напівпорожніх автомобілів на дорогах, що безпосередньо знижує споживання пального та супутні викиди [4].

Термінальна система автомобільних перевезень, яка передбачає укрупнення партій поставок за певними напрямками, дає змогу скоротити загальну кількість рейсів. Розрахунковим способом доведено, що використання такої системи забезпечує зменшення викидів CO₂, SO₂, NO_x та твердих частинок. При цьому зі збільшенням вантажопідйомності автомобіля екологічний ефект проявляється ще більшою мірою.

Застосування стратегій управління завантаженістю вантажівок (Truck Payload Management, TPM) дає змогу досягти чистого ефекту декарбонізації на рівні 2,60–9,03 г CO₂ на тонно-кілометр. Водночас, як зазначають дослідники, для реалізації такого потенціалу необхідний комплексний підхід, що включає:

1. Розвиток інтелектуальних вантажних транспортних систем для оптимізації маршрутів і завантаження в реальному часі.

2. Запровадження цільових нормативних обмежень щодо перевантаження (адже перевантаження не тільки небезпечне, але й збільшує викиди на кілометр шляху).

3. Регулярний перегляд та оптимізацію власної маси транспортного засобу: видалення непотрібного обладнання, демонтаж багажного обладнання, коли воно не використовується, контроль тиску в шинах [5].

Оптимізація завантаженості автомобільного транспорту є потужним фактором скорочення вуглецевого сліду. Найбільший екологічний ефект досягається через:

- консолідацію вантажів (групейдж, термінальні перевезення);
- забезпечення максимально можливого (але не надмірного) використання вантажопідйомності;
- зменшення непотрібної власної маси транспортного засобу.

Ці заходи не вимагають значних інвестицій в осучаснення рухомого складу, але потребують системного підходу до планування логістики та усвідомлення їхньої важливості всіма учасниками перевізного процесу.

Важливим напрямом екологізації транспортної логістики є також інтеграція принципів «зеленої логістики», що поєднують економічну ефективність із екологічною безпекою. Сучасні дослідження у сфері green logistics акцентують увагу на необхідності комплексного підходу до управління транспортними потоками, де оптимізація завантаження виступає одним із базових інструментів декарбонізації транспортної системи.

Отже, оптимізація завантаженості автомобіля є важливим чинником зменшення вуглецевого сліду автомобільних перевезень. Раціональне використання вантажопідйомності транспортних засобів сприяє скороченню споживання пального, мінімізації викидів CO₂ та підвищенню ефективності логістичних процесів. Упровадження сучасних цифрових технологій і принципів зеленої логістики створює передумови для формування екологічно сталих транспортних систем.

Список посилань:

1. Павленко О. В. Актуальні питання забруднення атмосферного повітря [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dei.gov.ua/post/1563> (дата звернення: 11.05.2026).

2. Ладиженський Е. Д., Петленко В. П., Гриньків А. В. Підвищення рівня екологічності транспортних перевезень на засадах інтелектуалізації транспортних систем // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 2025. – Вип. 11(42), ч. II. – С. 286-294.

3. FuelRadar Team. Weight & Wallet: How Load Affects Fuel Efficiency in Australia [Електронний ресурс]. – 2025. – 16 Sept. – Режим доступу: <https://fuelradar.com.au/> (дата звернення: 11.05.2026)

4. MSC. Groupage Shipping: Supporting Supply Chain Efficiency [Електронний ресурс]. – 2026. – 22 Jan. – Режим доступу: <https://merlinsourcing.com/supplier-relationship-management-factsheet-revamped> (дата звернення: 11.05.2026)

5. Li H., Wu X., Lin H., Ji W., Zhang S., Wu Y. Exploring the co-benefits of truck payload management on profitability and CO₂ emissions // npj Sustainable Mobility & Transport. – 2026. – Vol. 3, No. 1. – P. 1. – DOI: 10.1038/s44333-026-00001-8

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІЗНИХ ВИРОБІВ

*Авраменко Т. В., здобувач першого (освітньо-наукового) РВО
Державний біотехнологічний університет*

INCREASING THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION OF VARIOUS PRODUCTS

*Avramenko T. V., Student
State Biotechnological University*

Необхідною частиною комерційної діяльності будь-якого підприємства є система товаропостачання, що включає економічні, організаційно – правові відносини між постачальниками та підприємствами – споживачами.

У свою чергу найважливішим елементом системи товаропостачання є транспортування товарів.

Значення транспорту для економіки України, що займає перше місце з транспортування у світі, важко переоцінити, оскільки він пов'язує всі галузі економіки воедино, забезпечує умови для розвитку виробництва, сприяє розвитку міжгалузевих і міжрегіональних зв'язків.

У комерційної діяльності від транспорту багато в чому залежить як швидкість доставки товару споживачам, а й безпеку, якість, і навіть витрати на перевезення, які займають велику питому вагу у витраті.

Висока оперативність, надійність та стабільність доставки товарів з пунктів виробництва до пунктів розподілу та споживання з мінімальними витратами, а також без втрат кількості та якості цих товарів є першорядною умовою ефективною комерційної діяльності.

Розвиток міжнародної торгівлі, а також економічного співробітництва між країнами, вимагає адекватного розвитку транспорту, і у зв'язку з цим він стає найважливішим додатковим джерелом валютних надходжень у країнах - експортерах транспортних послуг.

На жаль, непродумане здійснення економічних реформ в Україні завдало серйозної шкоди транспортній галузі.

Обсяг вантажів, що перевозяться, через різке падіння виробництва у всіх галузях економіки істотно скоротився, а це призвело до розвалу багатьох транспортних організацій. Становище посилила безконтрольна приватизація, що дозволила розтравити такі ласі шматочки, якими є транспортні засоби.

Через війну торгові підприємства втратили транспортного обслуговування, і з них стало здійснювати перевезення товарів стихійно, за низького рівня використання транспортних засобів, а найчастіше і за низькою якістю транспортного процесу.

У торгівлі як сфері товарного звернення виконує великий комплекс різних процесів і операцій.

За характером виконаних у сфері товарного обігу функцій процеси та операції, що здійснюються в торгівлі, можна поділити на два види;

- виробничі чи технологічні;
- комерційні (або суто торгові)

Технологічні процеси пов'язані з рухом товару як споживчої вартості та є продовженням процесу виробництва у сфері обігу [1].

Чільне місце у цих процесах займає транспортування товарів, оскільки їх продаж не може бути здійснено без переміщення від одного власника до іншого, як правило, від товаровиробника до споживача.

Транспорт на відміну інших галузей матеріального виробництва не створює продукцію, але шляхом переміщення сировини, продуктів, матеріалів, засобів виробництва, робочої сили та товарів бере участь у процесі виробництва, розподілу та споживання, тому

без нього немисливо функціонування народного господарства в цілому, і кожної окремої галузі зокрема.

Транспорт крім того, це засіб, що звільняє штучні та трудові ресурси з місць, де вони приносять мало користі, і переміщують їх у місця, де їхня користь може бути реалізована більшою мірою. Так само транспорт забезпечує доступ до ресурсів і дозволяє отримати ефект, який раніше бути реалізований.

Таким чином, транспорт звільняє природні ресурси від їхньої географічної обмеженості, робить їх безпосередньо доступними.

У комерційній діяльності перевезення товарів здійснюється автомобільним, залізничним, водним, повітряним та гужовим транспортом.

Автомобільний транспорт використовують для перевезення вантажів переважно на короткі відстані. Для цих цілей служать автомобілі, автомобілі-тягачі, причепа та напівпричепа. Для виконання нетранспортних робіт застосовують спеціальний рухомий склад (автокрани та ін.) [2].

Розрізняють транспортний рухомий склад за різними критеріями. Зокрема, В.К. Памбухчіянц виділяє транспорт загального призначення, який включає в себе автомобілі та причепа з універсальними відкритими кузовами та бортами, що відкидаються, а також спеціалізований. Останній включає автомобілі та причепа з кузовами, пристосованими для перевезення спеціальних вантажів, наприклад, молоковози, машини для перевезення живої риби та ін.

Дослідження показало, що вдосконалення вантажних перевезень є однією з актуальних проблем комерційної діяльності, оскільки від якості транспортного обслуговування багато в чому залежить оперативність доставки товарів, їх збереження, а найголовніше витрати на перевезення, що є складовою частиною витрат звернення.

Руйнування системи централізованої доставки товарів у торгові підприємства породило низку проблем у комерційній діяльності.

Серед них необхідність придбання транспортних засобів кожним магазином, а це дорога акція. Положення ускладнюється вкрай низьким рівнем використання машин у магазинах, відсутністю у них ремонтної бази і як наслідок цього – високим рівнем витрат на перевезення товарів.

Керівники та власники магазинів, купуючи автомобілі, не замислюються про те, наскільки вони відповідають потребам торгового підприємства, та як вони використовуватимуться. Їх найбільше цікавить вартість покупки.

Проте, використовуючи автомобіль із недовантаженням, підприємці зазнають великих збитків, які перебивають економію загалом. До того ж кількість необхідних транспортних засобів не прораховується, а експлуатація зайвих транспортних засобів також згубна для підприємця.

Поряд з іншими причинами не останню роль у цьому відіграла погана організація перевезення товарів.

Завезення товарів здійснюється переважно на основі складської форми, а транзитний метод застосовується меншою мірою, хоча він прискорює обіг товарів, знижує їх втрати та скорочує витрати обігу.

Список посилань:

1. Voitov, A., Karnaukh, M., Berezhna, N., Kryvenko, L., & Muzylyov, D. (2024, November). Urban Traffic Flow Sustainability Assessment Due to Dynamic Changes in Influential Factors. In International Scientific Conference Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort (pp. 99-110). Cham: Springer Nature Switzerland.

2. Войтов, В. А., Кравцов, А. Г., Войтов, А. В., Бережна, Н. Г., Сисенко, І. І., Кривенко, Л. Ф., & Бабарика, І. Г. (2024). Концепція оцінки ергономічної стійкості транспортного потоку великих міст з урахуванням динамічності зміни впливових факторів.

ANALYSIS OF THE PHASE-OUT OF FOUR-ENGINE AIRCRAFT IN CIVIL AVIATION

Taras Shchur, PhD, State Biotechnological University, Ukraine
Patrycja MALŻYCKA, Kamil Szweda, Wojciech Weksej, Grzegorz Żmuda
Silesian University of Technology, Poland

Introduction. The article examines the gradual withdrawal of four-engine aircraft from civil aviation and explains the technological, economic, operational, and environmental reasons behind this process. For decades, four-engine aircraft dominated long-haul aviation because early jet engines were relatively unreliable and aviation regulations restricted the use of twin-engine aircraft on transoceanic routes [1]. Aircraft such as the Boeing 707, Boeing 747, Airbus A340, and Airbus A380 became symbols of intercontinental air travel and globalization [2,4]. However, advances in engine technology and changes in operational regulations eventually made modern twin-engine aircraft more efficient and economically attractive. During the second half of the twentieth century, four-engine aircraft played a crucial role in long-distance aviation. Their dominance resulted primarily from safety concerns and technical limitations. Early jet engines had lower reliability and limited thrust capability, which made multiple engines necessary for long-haul operations. Four engines provided redundancy, allowing aircraft to continue flying safely even after the failure of one engine [1]. This was especially important during flights over oceans, deserts, or polar regions where diversion airports were limited.

Aircraft such as the Boeing 707 introduced commercial jet travel on a large scale, while the Boeing 747 revolutionized air transport by enabling the carriage of more than 400 passengers over intercontinental distances. Later, the Airbus A340 and Airbus A380 represented the continuation of the four-engine philosophy for long-haul operations.

Technological Limitations of Early Engines. One of the main reasons for the widespread use of four-engine aircraft was the limited reliability of early turbojet and turbofan engines. In the 1960s and 1970s, engines such as the Pratt & Whitney JT3D used on the Boeing 707 achieved a mean time between failures significantly lower than modern engines. In contrast, modern engines such as the Rolls-Royce Trent XWB used on the Airbus A350 can exceed 100,000 operating hours before major failure events [3].

Early engines also generated less thrust and consumed more fuel. Therefore, large aircraft required four engines to achieve sufficient performance during takeoff and long-distance cruising. Technological progress later enabled the development of highly powerful twin-engine aircraft capable of producing the same total thrust as older four-engine designs while consuming significantly less fuel. Modern aircraft such as the Airbus A350 and Boeing 787 illustrate this transition.

ETOPS Regulations and Their Impact. The article emphasizes the importance of ETOPS (Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards), which transformed long-haul aviation. Before ETOPS, twin-engine aircraft were restricted by the “60-minute rule,” meaning they could not fly farther than 60 minutes from a diversion airport. As a result, long overwater flights required aircraft with three or four engines [1].

As engine reliability improved during the 1980s, ETOPS regulations gradually expanded operational limits for twin-engine aircraft. Initially, ETOPS certification allowed aircraft to operate 90 or 120 minutes from diversion airports, but later standards extended this limit to 180, 240, and even more than 330 minutes. Modern aircraft such as the Airbus A350 can now operate extremely long transoceanic routes safely with only two engines [3].

ETOPS certification requires not only highly reliable engines but also advanced redundant systems, including backup electrical power, hydraulic systems, navigation equipment, communication systems, and fire protection systems [5].

Technological and Economic Transformation. Modern aviation technology significantly reduced the advantages of four-engine aircraft. New-generation turbofan engines with high bypass ratios provide greater fuel efficiency and lower operating costs. In addition, modern aircraft

increasingly use lightweight composite materials, improving aerodynamics and reducing structural weight.

As a result, twin-engine aircraft now consume 20–30% less fuel per passenger than older four-engine aircraft. Airlines increasingly prioritize lower fuel consumption, reduced maintenance costs, and greater operational flexibility. Environmental pressure to reduce greenhouse gas emissions also accelerated the retirement of aircraft such as the Boeing 747 and Airbus A380.

Another important factor is the evolution of airline business models. In the past, airlines relied heavily on large hub airports and very large aircraft transporting massive numbers of passengers between major cities. Today, airlines increasingly prefer the “point-to-point” model, which uses smaller and more flexible aircraft capable of serving a wider network of direct routes economically [2].

Comparative Case Study: Airbus A380 vs Airbus A350. The article includes a comparative analysis of the Airbus A380 and Airbus A350 based on operational flight data. The study examined 2,745 flights performed by the Airbus A380 and 16,828 flights operated by the Airbus A350. The main objective was to evaluate fuel efficiency and determine under what conditions the A380 could remain economically viable [2].

The analysis used the Fuel Efficiency Index (FEI), which measures the amount of fuel consumed to transport one ton of payload over one kilometer. Lower FEI values indicate better fuel efficiency. Results showed that the Airbus A350 consistently achieved better fuel efficiency than the Airbus A380 across nearly all operating conditions [2].

When both aircraft operated with similar payload levels, the A380 consumed approximately twice as much fuel per ton-kilometer as the A350. Even at full passenger occupancy, the A380 still consumed about 34% more fuel than the A350. This disadvantage resulted mainly from the aircraft’s enormous weight and the need to power four engines instead of two [3].

The research concluded that the Airbus A380 can only remain economically viable under highly specific conditions:

- extremely high passenger load factors (above 90–95%),
- very long routes,
- airports with limited slot availability,
- strong demand for premium-class travel.

Airlines such as Emirates can still profitably operate the A380 because they combine high passenger demand with luxury premium services. However, most airlines cannot consistently achieve such ideal conditions, making twin-engine aircraft more attractive in everyday operations [5].

Conclusions. The article concludes that modern twin-engine aircraft have reached a level of reliability, fuel efficiency, and operational capability that allows them to replace four-engine aircraft on most long-haul routes. Aircraft such as the Airbus A350 and Boeing 787 offer lower operating costs, greater flexibility, and improved environmental performance. Although aircraft like the Airbus A380 and Boeing 747 remain important symbols of aviation history, their economic disadvantages have led to their gradual retirement from passenger service. The future of long-haul aviation is increasingly based on efficient twin-engine aircraft operating flexible point-to-point networks rather than relying on very large four-engine aircraft connecting major hub airports.

References:

1. Jang Sungwoo, Yoon Seongjoo, Leame Yoo, 13 August 2024, *Fuel Efficiency Evaluation of A380 Aircraft through Comparative Analysis of Actual Flight Data of the A380–800 and A350–900*
2. <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft>
3. https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_120-42B.pdf
4. <https://www.flightglobal.com/airframers/final-boeing-747-delivered-as-queen-of-the-skies-era-ends/151502.article>
5. <https://airandspace.si.edu/stories/editorial/evolution-jet-airliners>

**ТРИБОТЕХНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ПАЛЬЦІВ СТІЛИ
ЕКСКАВАТОРА**

*Борак К.В., д.т.н., проф.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Сидорчук-Шмідт С.Д., аспірант
Поліський національний університет*

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WEAR ON EXCAVATOR BOOM PINS

*Borak K.V., Ph.D., Prof.
Zhytomyr Agricultural Technical College
Sudorchyk-Schmidt S.D., postgraduate
Polissia National University*

Пальці стріли екскаватора належать до відповідальних елементів шарнірних з'єднань робочого обладнання, які забезпечують передавання зусиль від гідроциліндрів до стріли, рукояті та ковша, а також створюють умови для їх відносного поворотного або коливального руху. У конструкції екскаватора палець працює у парі з втулкою, яка виконує функцію підшипника ковзання та, як правило, є змінним елементом, призначеним для сприймання основної частини зношування. У технічній літературі пальці й втулки розглядають як типову шарнірну систему, де палець забезпечує передавання навантаження та поворот, а втулка зменшує тертя, люфт і зношування основних металоконструкцій машини. Такі вузли особливо поширені в екскаваторах, навантажувачах та іншій землерийній техніці, оскільки вони працюють за високих навантажень, ударів, забруднення ґрунтом і вологою.

Особливістю роботи пальців стріли є те, що вони не здійснюють повного обертання з високою сталою частотою, як вали у звичайних підшипниках, а переважно працюють у режимі повільного зворотно-коливального руху на обмежений кут. Це істотно ускладнює умови мащення. У зоні контакту пальця і втулки важко сформувати стійкий гідродинамічний мастильний шар, оскільки швидкість ковзання невелика, напрямок руху часто змінюється, а контактні тиски є значними. Тому для таких шарнірів характерний граничний або змішаний режим мащення, коли частина навантаження сприймається мастильним матеріалом, а частина – безпосередньо мікронерівностями поверхонь тертя. Дослідження підшипникових вузлів землерийної техніки прямо вказують, що екскаватори працюють під великими навантаженнями протягом тривалого часу, а зусилля, які передаються через пальцеві підшипники, є однією з причин їх відмов через зношування.

З триботехнічної точки зору пара «палець – втулка» є відкритим або напіввідкритим вузлом тертя, що працює в умовах абразивного середовища. Під час копання, планування, завантаження ґрунту або роботи в кар'єрі в зону шарнірів можуть потрапляти пил, пісок, частинки ґрунту, волога та продукти корозії. Навіть за наявності мастила сторонні тверді частинки можуть діяти як абразив, руйнуючи мастильну плівку й утворюючи мікроборозни на поверхні пальця та втулки. Через це зношування пальців стріли екскаватора має комплексний характер і поєднує абразивний, адгезійний, втомний, корозійно-механічний та фретинг-знос.

Абразивне зношування є одним із найпоширеніших механізмів руйнування поверхонь пальців. Воно виникає тоді, коли між пальцем і втулкою потрапляють тверді частинки, твердість яких дорівнює або перевищує твердість поверхневого шару деталей. Частинки піску, пилу, окалини, продуктів зношування або забрудненого мастила переміщуються в зоні контакту і спричиняють подряпини, риси та мікрорізання поверхні. У результаті на робочій поверхні пальця утворюються поздовжні борозни, зменшується діаметр пальця, збільшується зазор у шарнірі, а навантаження починає розподілятися нерівномірно. Огляд сучасних досліджень підшипників ковзання показує, що великі або ексцентричні навантаження,

абразивні частинки в мастилi та недостатня кiлькiсть мастила можуть спричинити прискорене зношування i передчасну вiдмову пiдшипникового вузла.

Адгезiйне зношування виникає внаслідок безпосереднього контакту металевих мiкровиступiв поверхонь пальця i втулки. За високого питомого тиску та недостатнього мащення мiкровиступи можуть зварюватися або схоплюватися мiж собою, пiсля чого пiд час вiдносного руху вiдриваються частинки матерiалу. Такий процес супроводжується утворенням задириб, локальних зон прихоплення, пiдвищенням коефiцiєнта тертя i температури в зонi контакту. Найчастiше адгезiйний знос проявляється в тих випадках, коли мастило подається нерегулярно, мастильнi канавки забитi забрудненнями, ущiльнення пошкодженi або втулка втратила правильну посадку в отворi стрiли.

Втомне зношування пальцiв i втулок пов'язане з циклическим характером навантаження. Пiд час роботи екскаватора навантаження на стрiлу постiйно змiнюється: при вризаннi ковша в ґрунт воно рiзко зростає, пiд час повороту та пiднiмання вантажу змiнюється напрямок дiї сил, а при ударах ковша об перешкоди виникають короткочаснi пiкові навантаження. У поверхневому шарi пальця i втулки виникають повторнi контактнi напруження, якi з часом спричиняють утворення мiкротрiщин. Розвиток цих трiщин призводить до викришування, пiтингу, луцнення поверхнi та утворення металевих частинок, що додатково пiдсилюють абразивне зношування.

Окрему роль вiдiграє фретинг-зношування, характерне для вузлiв з малими коливальними перемiщеннями пiд великим навантаженням. У таких умовах у зонi контакту вiдбуваються мiкроперемiщення, якi руйнують оксиднi плiвки на поверхнi металу. Частинки оксидiв змiшуються з мастилом i перетворюються на дрiбнодисперсний абразив. Фретинг особливо небезпечний у мiсцях неповного прилягання, при перекосах пальця, недостатнiй жорсткостi посадки втулки або збiльшеному зазорi. Унаслідок цього на поверхнi можуть з'являтися темнi плями, дрiбнi каверни та слiди мiсцевого руйнування.

Основними факторами, якi визначають iнтенсивнiсть зношування пальцiв стрiли, є величина контактного тиску, характер навантаження, швидкiсть ковзання, кут коливання, якiсть мащення, твердiсть i шорсткiсть поверхонь, зазор у з'єднаннi, спiввiснiсть отворiв, стан ущiльнень i рiвень забруднення робочого середовища. Номiнальний контактний тиск у шарнiри можна орієнтовно визначити за залежнiстю:

$$p = F / (d \cdot l) \quad (1)$$

де p – середнiй контактний тиск у парi тертя, МПа;

F – радiальне навантаження на палець, Н;

d – дiаметр пальця, мм;

l – робоча довжина контакту пальця з втулкою, мм.

Однак у реальних умовах фактичний тиск значно вiдрiзняється вiд середнього. Через перекося, деформацiю металоконострукцiї, нерiвномiрне зношування втулки та збiльшення зазору навантаження концентрується на обмеженiй дiлянцi поверхнi. У результатi виникає крайове навантаження, що спричиняє овальнiсть отворiв, нерiвномiрне спрацювання втулок i локальне зменшення дiаметра пальця. Саме тому навлiть при достатнiй мiцностi пальця за статичним розрахунком вузол може передчасно втратити працездатнiсть через триботехнiчне руйнування поверхонь.

Для оцiнювання процесу зношування пальцiв можна використовувати узагальнену залежнiсть Арчарда:

$$V = k \cdot (F \cdot S) / H \quad (2)$$

де V – об'єм зношеного матерiалу;

k – коефiцiєнт зношування, що залежить вiд матерiалу, мащення i виду тертя;

F – нормальне навантаження;

S – шлях тертя;

H – твердiсть матерiалу менш зносостiйкоi поверхнi.

З цiєї залежностi впливає, що iнтенсивнiсть зношування зростає зi збiльшенням навантаження i шляху тертя та зменшується зi зростанням твердостi поверхневого шару. Для

пальців стріли це означає, що підвищення поверхневої твердості, зменшення забруднення мастила, підтримання нормального зазору й забезпечення регулярного мащення є ключовими умовами підвищення ресурсу. Разом з тим надмірне підвищення твердості без урахування в'язкості серцевини може призвести до крихкого руйнування або появи тріщин, тому матеріал пальця повинен поєднувати тверду зносостійку поверхню і достатньо міцну та в'язку основу.

У конструкціях екскаваторів пальці зазвичай виготовляють із конструкційних або легованих сталей, які після механічної обробки піддають термічному чи хіміко-термічному зміцненню. Найбільш ефективними є гартування з відпуском, індукційне загартування робочої поверхні, цементація, азотування або нанесення зносостійких покриттів. Втулки можуть виготовлятися зі сталі, бронзи, спечених матеріалів, композиційних або самозмащувальних матеріалів. У довідкових матеріалах з пальців і втулок зазначено, що втулка є порожнистим циліндричним елементом, який встановлюється між пальцем і корпусною деталлю та працює як підшипник ковзання, зменшуючи тертя, зношування і люфт.

Важливою умовою довговічності шарнірів стріли є правильний вибір співвідношення твердості пальця і втулки. Якщо втулка є змінним елементом, доцільно, щоб основне зношування припадало саме на неї, а не на отвори стріли або сам палець. Такий підхід полегшує ремонт, зменшує вартість відновлення і запобігає пошкодженню несучих металоконструкцій. Водночас занадто м'яка втулка може швидко деформуватися, а занадто тверда – сприяти інтенсивному спрацюванню пальця або руйнуванню посадочного отвору. Тому матеріали контактної пари повинні підбиратися з урахуванням навантаження, швидкості ковзання, умов мащення та характеру забруднення.

Мащення є одним із головних чинників, що визначає ресурс пальців стріли. Мастильний матеріал виконує декілька функцій: зменшує коефіцієнт тертя, розділяє поверхні контакту, виносить продукти зношування, захищає метал від корозії та частково ущільнює зону тертя від проникнення пилу і вологи. У важконавантажених шарнірах екскаваторів доцільно використовувати пластичні мастила з протизношувальними та протизадирними присадками. Для рівномірного розподілу мастила на поверхні втулок або пальців передбачають мастильні канавки, отвори та прес-маслянки. Якщо мастило подається нерегулярно, відбувається перехід від граничного мащення до сухого або майже сухого тертя, що різко збільшує інтенсивність адгезійного та абразивного зношування.

Значний вплив на характер спрацювання має зазор у з'єднанні. На початковій стадії експлуатації відбувається припрацювання поверхонь, під час якого згладжуються мікронерівності й формується фактична площа контакту. Якщо зазор відповідає технічним вимогам, навантаження розподіляється відносно рівномірно. У міру зношування зазор збільшується, виникає ударна взаємодія пальця і втулки при зміні напрямку руху стріли. Ударні навантаження прискорюють пластичну деформацію втулки, викликають овальність отворів, появу тріщин і руйнування мастильної плівки. У результаті формується самоприскорюваний процес: збільшення зазору викликає зростання ударів, а удари ще більше прискорюють зношування.

Типовими ознаками зношування пальців стріли екскаватора є збільшений люфт у шарнірах, стуки під час роботи робочого обладнання, нерівномірний рух стріли або рукояті, перекося ковша, витискання мастила із зони контакту, поява металевої стружки в мастилі, локальні задири та овальність отворів. За наявності таких ознак необхідно проводити діагностування: вимірювання діаметра пальця, внутрішнього діаметра втулки, величини радіального зазору, овальності та конусності отворів. Особливу увагу слід приділяти не лише самому пальцю, а й посадці втулки в отворі стріли, оскільки руйнування посадки призводить до повертання втулки й пошкодження металоконструкції.

У сучасних дослідженнях зношування шарнірів стріли підкреслюється, що знос отворів під пальці безпосередньо впливає на працездатність екскаватора. Зокрема, у роботі 2026 року щодо переднього вушка стріли малого екскаватора було розглянуто складний

характер руху пальця, який поєднує обертальний і коливальний компоненти, а результати моделювання порівнювалися з фактичною морфологією зношених поверхонь. Це підтверджує, що аналіз зношування пальців стріли не можна зводити лише до простого розрахунку міцності: необхідно враховувати реальну кінематику шарніра, контактну взаємодію, умови мащення і нерівномірність розподілу тиску.

Для підвищення довговічності пальців стріли екскаватора доцільно застосовувати комплекс заходів. До конструктивних заходів належать збільшення площі контакту, оптимізація довжини втулки, застосування мастильних канавок, ущільнень, змінних втулок і матеріалів із підвищеною зносостійкістю. До технологічних заходів належать термічне зміцнення пальців, забезпечення необхідної шорсткості поверхні, точне дотримання посадок і співвісності отворів. До експлуатаційних заходів належать регулярне мащення, використання мастила відповідної консистенції, очищення прес-маслянок, своєчасна заміна пошкоджених ущільнень, контроль зазору та недопущення роботи з надмірним люфтом у шарнірах.

Таким чином, зношування пальців стріли екскаватора є складним триботехнічним процесом, що формується під дією високих контактних навантажень, коливального руху, граничного мащення, забрудненого середовища та динамічних ударних навантажень. Найбільш характерними видами зношування є абразивне, адгезійне, втомне, фретинг-зношування та корозійно-механічне руйнування. Інтенсивність цих процесів залежить від матеріалу пальця і втулки, якості поверхневої обробки, режиму мащення, величини зазору, співвісності шарніра та умов експлуатації. Підвищення ресурсу пальців можливе лише за умови комплексного підходу, що поєднує раціональний вибір матеріалів, поверхневе зміцнення, якісне мащення, захист від забруднення і своєчасний технічний контроль стану шарнірних з'єднань

СЕКЦІЯ 2.

Агрологістика і управління ланцюгами постачань

INTEGRATION OF PUBLIC TRANSPORTATION AND OTHER MEANS OF TRANSPORT

Mateusz Olszewski, mgr inż. Silesian University of Technology, Poland
Aleksandra Szkoda-Olszewska, mgr Silesian University of Technology, Poland

The following study addresses the subject of integrating public transport with individual and personal transport systems. In the analysis conducted the spatial, objective and subjective conditions of integration processes are covered, with particular emphasis on the role of transport hubs as key infrastructure links. The article depicts modern forms of mobility, such as Bike & Ride and Park & Ride systems as well as personal transport devices (UTO- Urządzenia Transportu Osobistego), taking into account the current legal situation and the technical and organisational challenges facing Polish local government units.

The integration of transport services is a process determined by the regional functions of an urban centre. The main paradigm of modern transport engineering is the pursuit of system coherence, which, according to the literature on the subject, should lead to [1]:

- Strengthening the market position of public transport compared to private motorisation.
- Cost efficiency attained through the optimisation of travel chains involving transfers.
- Marketing synergy enabling a uniform representation of public transport to be created.

However, it is crucial to take into consideration the problematic aspects of the matter – the excessive market regulation by public entities may lead to monopolisation and increased barriers to entry for commercial operators [2].

Integration takes place in three key areas: spatial (area of operation), subjective (cooperation between companies) and objective (unification of the fleet, timetables, infrastructure and fares).

An interchange hub, as a key element of point infrastructure, is legally defined as a place that allows for convenient change of transport mode, and is equipped with accompanying infrastructure [3].

From the passenger's point of view, a high-quality interchange hub must meet a number of functional criteria [4]:

- The possibility of changing modes of transport within a single platform (so-called door-to-door).
- Minimisation of walking distances and vertical barriers.
- An integrated passenger information system and a high level of comfort while waiting.

The integration at hubs takes place at the infrastructural level (shared tracks/platforms), organisational level (coordination of timetables) and spatial and information level [5]. The classification of hubs is based on functional (national, regional, local) or technical (suburban, urban, transfer points) criteria [6].

In Polish planning practice, an important role is played by the index assessment of hubs (according to P. Olszewski, H. Krakowska and P. Krukowski), which includes 14 parameters, such as compactness, clarity and accessibility for people with disabilities [7].

Contemporary mobility strategies emphasise the integration of public transport with other forms of transport that are alternative to a car. [8].

Cycling mobility and Bike & Ride systems

The integration of bicycles with public transport is achieved through Bike & Ride systems and the admission of bicycles inside vehicles [9].

The success of this form of integration depends on the following infrastructure: monitored parking facilities, lockable storage facilities and repair stations within transport hubs. As a result, the flexibility of a travel increases and negative road traffic impacts are reduced, although it does pose challenges such as limited space in vehicles during rush hour.

Park & Ride (P+R) and Kiss & Ride (K+R)

Park & Ride systems are the foundation of suburban transport services, aiming to redistribute traffic and relieve congestion in city centres. The key determinants for choosing this system are: proximity to stops, safety and preferential fares for public transport users [10]. The Kiss

& Ride system, on the other hand, focuses on short-term parking (dropping off passengers), which is particularly important in the vicinity of schools and stations in order to reduce congestion.

Personal Transport Devices (UTO) – new challenges

The development of drive technologies has led to the popularisation of devices such as electric scooters, monocytes and Segways, which fill the gap in short-distance travel (3–9 km).

According to the Road Traffic Act, an electric scooter is an electrically powered, two-axle vehicle equipped with a steering wheel, without a seat or pedals [11].

Concerning such mean of transport there are legal regulations imposing specific requirements:

- Minors are required to obtain a bicycle card or a category AM, A1, B1 or T driving licence.
- Obligation to use cycle paths – riding on the road is only permitted at speeds of up to 30 km/h.
- Maximum length 1.4 m, width 0.9 m, weight up to 30 kg [12].

Personal Transport Devices hold a similar legal framework, but by definition they exclude electric scooters and do not require handlebars [11].

Integration processes and the development of micromobility are a response to traffic congestion in modern metropolises. This transformation has not only a technical dimension, but also a socio-economic one, affecting the labour market (service industry) and public health. The key planning objective remains the construction of a '10-minute city', where access to high-quality public transport is universal and intuitive.

Bibliography

1. Starowicz W., Janecki R., *Kształtowanie systemów obsługi pasażerskiej przez samorzady szczebla powiatowego i wojewódzkiego* [w:] Aktualne problemy regionalnego transportu pasażerskiego w Polsce, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie, 2004.
2. Dyr T., Czynniki rozwoju regionalnych przewozów pasażerskich, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009.
3. Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 o publicznym transporcie zbiorowym, Dz.U. z 2011 r. art. 24 pkt 27.
4. Bul R., *Węzły przesiadkowe jako główny element zintegrowanego systemu transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej*, „Transport Miejski i Regionalny”, Wydawnictwo Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, Warszawa 2017.
5. Łada M., Birr K., *Analiza zmian funkcjonowania transportu zbiorowego wynikających z budowy węzłów integracyjnych*, „Drogownictwo”, Wydawnictwo Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, Gdańsk 2017.
6. https://www.ztm.waw.pl/wp-content/uploads/2019/10/Etap_III_Standardy-i-wytyczne-dla-węzłów-przesiadkowych.pdf
7. Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P. W., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, „Transport Miejski i Regionalny”, Wydawnictwo Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, Warszawa 2014.
8. <https://www.uitp.org/si-tes/default/files/cck-focus-papersfiles/Public%20transport%20at%20the%20heart%20of%20the%20integrated%20urban%20mobility%20solution.pdf>
9. Bełch P., *Analiza założeń koncepcji integracji transportu zbiorowego z indywidualnym*, „Modern Management Review” 2015.
10. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:7556/FULLTEXT01.pdf>
11. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. prawo o ruchu drogowym
12. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia

АДАПТАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ДО УМОВ ВОЄННОГО СТАНУ

*Городецька Т. Е., к.е.н., доцент
Державний біотехнологічний університет*

ADAPTATION OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX TO THE CONDITIONS OF MARTIAL LAW

*Gorodetska T. E., Candidate of Economics Science, Docent
State Biotechnological University*

У сучасних умовах воєнного стану транспортно-логістичні системи агропромислового комплексу України зазнали суттєвих трансформацій, які зумовлені порушенням традиційних ланцюгів постачання, обмеженням доступу до морських портів, руйнуванням транспортної інфраструктури та підвищеним рівнем небезпеки здійснення перевезень, що значно ускладнило процеси доставки сільськогосподарської продукції як на внутрішній, так і на зовнішній ринки. Одним із ключових викликів стало порушення експортної логістики, що спричинило переорієнтацію транспортних потоків на альтернативні маршрути, зокрема через західні кордони. Така трансформація призвела до зростання навантаження на автомобільний та залізничний транспорт, збільшення часу доставки та логістичних витрат.

Найбільше постраждали вантажні перевезення ще й через блокування морських портів країни, які припинили роботу протягом перших семи місяців, а пізніше були здатні обслуговувати лише експорт с/г продукції у рамках «Зернового коридору». Це спричинило зміни у каналах експорту та імпорту за останній рік. Повітряний простір закритий до завершення воєнного стану. При таких умовах підприємства змушені були здійснювати перевезення, використовуючи автомобільний та залізничний транспорт та налагоджувати нові наземні шляхи постачання у сусідні країни ЄС. Проте, така переорієнтація з морських перевезень на наземні спричинила нову проблему – кілометрові черги на кордонах. Відтак це призвело до порушення термінів поставок в експортно-імпортних операціях, що є проблемою для багатьох галузей економіки. У цілому український логістичний ринок в середньому втратив приблизно половину обсягів перевезень [1].

Важливим дестабілізуючим чинником є також руйнування або пошкодження складської інфраструктури, зернохосовищ і логістичних центрів, що суттєво обмежує можливості накопичення, зберігання та обробки сільськогосподарської продукції. Втрата або часткове виведення з експлуатації таких об'єктів призводить до порушення безперервності логістичних потоків, перевантаження наявних складських потужностей та зростання витрат на транспортування і зберігання. У результаті аграрні підприємства змушені використовувати альтернативні, часто менш ефективні способи зберігання, що підвищує ризик псування продукції та втрати її якісних характеристик.

Суттєві ускладнення також спричиняють перебої в енергопостачанні, які негативно впливають на функціонування логістичних об'єктів, зокрема елеваторів, холодильних установок, складських комплексів і переробних підприємств. Нестабільність енергозабезпечення унеможливає підтримання необхідних технологічних режимів зберігання (температури, вологості, вентиляції), що особливо критично для швидкопсувної продукції. Крім того, перебої з електроенергією ускладнюють роботу автоматизованих систем управління, обліку та моніторингу, знижують ефективність логістичних операцій і збільшують час обробки вантажів.

У сукупності зазначені фактори не лише знижують ефективність функціонування транспортно-логістичних систем, але й формують додаткові ризики для забезпечення

продовольчої безпеки, зменшуючи обсяги придатної до реалізації продукції та погіршуючи її конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Мета логістики і в мирний, і у військовий час полягає в тому, щоб необхідні вантажі були доставлені у необхідне місце в потрібний час. При порівнянні класичного правила «7R» або місії комерційної логістичної системи та логістики кризових ситуацій можна зазначити наступне: кризовій логістиці пріоритетом має бути надання допомоги для пришвидшення доставки необхідних вантажів. Позиція мінімізації витрат у цьому випадку не є пріоритетною. Під час гуманітарних операцій задоволення потреб і швидке реагування завжди мають бути пріоритетом перед отриманням прибутку. Тобто матеріальні та супутні потоки в кризових ситуаціях дещо відрізняються залежно від принципів формування ланцюга поставок, час є основним фактором успіху логістичної операції, тому що це відіграє головну роль [2].

У таких умовах особливої актуальності набуває адаптація транспортно-логістичних систем до нових викликів. Основними напрямками адаптації є диверсифікація логістичних маршрутів, розвиток мультимодальних перевезень, модернізація транспортної та складської інфраструктури, а також впровадження цифрових технологій управління логістичними процесами.

Важливу роль відіграє також підвищення рівня безпеки перевезень, що передбачає вдосконалення систем моніторингу транспортних засобів, оптимізацію маршрутів з урахуванням ризиків та впровадження сучасних інформаційних систем управління.

Крім того, необхідним є розвиток державно-приватного партнерства, що дозволить залучити інвестиції для відновлення та розвитку логістичної інфраструктури, а також посилення інтеграції транспортно-логістичних систем України до європейського простору.

З урахуванням впливу воєнних дій на сільську місцевість необхідно вже зараз розробляти нові або корегувати раніше напрацьовані стратегічні пріоритети щодо мінімізації деструктивних наслідків екстремальних подій і наповнювати конкретними заходами та ресурсами людиноцентричні, територіально-орієнтовані державні й місцеві програми соціально-економічного розвитку сільських територій. Вирішення цих та багатьох інших проблем у воєнний та повоєнний час в умовах ще більш нестійкого фінансового забезпечення вимагає внесення суттєвих змін у законодавчо-нормативні чинники та механізми створення безпеки життя та праці селян, а також повинно відбуватися в нерозривному зв'язку виробничої діяльності всіх господарюючих суб'єктів, ефективного використання наявного в них виробничого потенціалу з послідовним наданням пріоритету соціальній розбудові села, поліпшенням добробуту та формуванням безпечних умов праці і проживання селян [3].

Отже, адаптація транспортно-логістичних систем агропромислового комплексу до умов воєнного стану є складним, але необхідним процесом, що потребує комплексного підходу, поєднання організаційних, технологічних та інституційних рішень для забезпечення стабільного функціонування галузі та підвищення її стійкості до зовнішніх викликів.

Список посилань:

1. Мокряков А. Підсумки 2022 року для української логістики та прогноз на 2023 рік. URL: <https://logist.fm/publications/pidsumki-2022-roku-dlya-ukrayinskoyi-logistiki-ta-prognoz-na-2023-rik>

2. Гринів, Н. Т., Равліковська, А. А. Перебудова логістики в умовах воєнного стану в Україні. *Академічні візії*. 2022. №13. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/84>

3. Нечипоренко О.М. Проблеми і перспективи розвитку фермерства в умовах воєнного і повоєнного періоду. *Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу*: матеріали доповіді учасників Міжнародної науково-практичної конференції. Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2023. 70 с

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ОВОЧЕВИХ
ПРОДУКТІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЯХ
УКРАЇНИ**

*Карнаух М. В., к.т.н., доцент
Говоруха Д.Є, аспірант, Панченко Д. О., здобувач
Державний біотехнологічний університет
Музильов Д.О., к.т.н., доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

**OPTIMIZATION OF THE DELIVERY PROCESS OF PERISHABLE VEGETABLE
PRODUCTS BY ROAD TRANSPORT IN URBAN AGGLOMERATIONS OF UKRAINE**

*M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
D. Ye. Govorukha, PhD student, D. O. Panchenko, postgraduate researcher
State Biotechnology University
D. O. Muzylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kharkiv National University of Automobile and Highway Engineering*

Забезпечення населення якісними харчовими продуктами є одним із пріоритетних завдань соціально-економічної політики держави. Серед усіх видів харчових продуктів особливе місце займають швидкопсувні продукти (ШОП), доставка яких вимагає суворого дотримання температурного режиму, режиму вологості та часових обмежень. У загальному обсязі споживання ШОП 11 % припадає на швидкопсувні овочеві продукти (ШОВ), а понад 75 % жителів України постійно їх вживають, що формує річний попит на рівні близько 40 млн тонн [1].

Транспортування є визначальним елементом ланцюгів поставок ШОВ: частка транспортних витрат у вартості продукції в багатьох випадках досягає двох третин від ціни товару. Найбільш критичним чинником ефективності доставки є своєчасність – порушення часових обмежень призводить до штрафних санкцій або повного зриву доставки та повернення продукції. Статистичні дані ПАТ «Зміївська овочева фабрика» свідчать про зростання відсотка повернення ШОВ з 1,65 % у вересні 2024 р. до 8,87 % у серпні 2025 р., із прогнозними досягненням рівня 11 % у 2026 р. за умови збереження існуючої системи доставки [2].

Доставка ШОВ в умовах мегаполісу ускладнюється сукупністю взаємопов'язаних чинників: завантаженістю вуличної дорожньої мережі, наявністю жорстких часових вікон приймання продукції в торговельних точках та коливаннями температурно-вологісного режиму у вантажному відсіку транспортного засобу. Зазначені проблеми зумовлюють необхідність розробки науково обґрунтованих методичних рекомендацій щодо підвищення ефективності доставки ШОВ, що й визначає актуальність цього дослідження [3, 4].

Аналіз сучасного стану системи доставки швидкопсувних овочевих продуктів. Відповідно до чинного законодавства, до ШОВ належать вантажі, що для збереження якості при транспортуванні вимагають дотримання температурного режиму, певного рівня вологості та суворих санітарно-гігієнічних вимог. Залежно від способу температурної обробки ШОВ поділяються на: свіжі або остиглі (+4...+12 °С), охолоджені (від -6 °С до +4 °С), заморожені (від -7 °С до -18 °С) та глибокозаморожені (нижче -18 °С). Вимоги міжнародної Угоди про перевезення швидкопсувних харчових продуктів (УПС) визначають шість класів спеціалізованого рухомого складу (А-ґ) за температурним діапазоном підтримання режиму.

Причинно-наслідковий аналіз із залученням методу експертного оцінювання дозволив ранжувати 68 балів впливу факторів на ефективність доставки ШОВ. Встановлено, що зовнішні чинники становлять 69,1 % сукупного впливу, причому провідним серед них є

несвоєчасна доставка внаслідок проблем дорожнього руху (33,8 % сукупного впливу). Це підтверджує необхідність розробки адаптивної системи управління маршрутами з урахуванням динаміки транспортних потоків у реальному часі [1, 4].

Порівняльний аналіз зарубіжного досвіду (США, країни ЄС, Китай) засвідчив, що провідні практики управління доставкою ШОВ базуються на інтеграції динамічного маршрутизатора, систем телематики та диспетчерського управління в єдиному контурі зворотного зв'язку. Використання задачі розвезення з часовими вікнами (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRP-TW) є стандартом галузі в розвинених логістичних системах [3].

Математична модель управління параметрами процесу доставки. Кожна заявка на доставку j -ї їздки описується вектором параметрів:

$$z_j = (A_{j\text{нав}}, A_{j\text{розн}}, Q_j, V_j, [a_j, b_j], \Delta_j) \quad (1)$$

де $A_{j\text{нав}}$ та $A_{j\text{розн}}$ – адреси навантаження та розвантаження відповідно; Q_j – маса вантажу, т; V_j – об'єм вантажу, м³; $[a_j, b_j]$ – часове вікно приймання продукції в одержувача; Δ_j – допустиме відхилення від часового вікна, год.

Стан динамічної системи доставки в момент часу t описується n -вимірним вектором на основі функції Хевісайда $H(x)$:

$$X(t) = (H(t - \tau^{1\text{факт}}), H(t - \tau^{2\text{факт}}), \dots, H(t - \tau^{n\text{факт}}))^T \quad (2)$$

де $H(x) = 0$ при $x < 0$ та $H(x) = 1$ при $x \geq 0$ – функція Хевісайда; $\tau_{j\text{факт}}$ – фактичний момент виконання j -ї їздки, год.

Цільова функція оптимального управління мінімізує норму вектора відхилень фактичних моментів виконання їздок від планових:

$$F(u, t) = \|\Delta\tau(t)\| \rightarrow \min, \text{ де } u(t) = -\Delta\tau(t) \quad (3)$$

де $u(t)$ – вектор управляючих впливів (коригування розкладу); $\Delta\tau(t)$ – вектор відхилень фактичних моментів виконання їздок від планових.

Для формалізації умов своєчасності доставки у вигляді, придатному для оптимізаційної моделі, введено чотири часткові критерії:

$$F^1 = W^T \cdot X(T) \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$F^3 = \sum_j S^{-1}(\tau_{j\text{план}} - a_j) \cdot H(a_j - \tau_{j\text{план}}) \rightarrow \min \quad (5)$$

де W – вектор вагових коефіцієнтів (прибуток від виконання їздок); T – горизонт планування; $S^{-1}(\cdot)$ – зворотна сигмоїдна функція, що швидко зростає зі збільшенням відхилення від часового вікна; a_j – момент відкриття часового вікна j -ї заявки.

На основі часткових критеріїв F^1 – F^4 сформовано дві модифікації оптимізаційної моделі. Жорстка модель (3.26) застосовується в умовах точного виконання обмежень; нежорстка модель з елементами нечіткої логіки (3.27) є більш реалістичною для умов міського руху та допускає незначні відхилення без штрафних санкцій:

$$\lambda^1 \cdot F^1 - \lambda^2 \cdot F^2 - \lambda^3 \cdot F^3 - \lambda^4 \cdot F^4 \rightarrow \text{екстр} \quad (6)$$

$$\mu^1 \cdot F^1 - \mu^2 \cdot F^2 - \mu^3 \cdot F^3 - \mu^4 \cdot F^4 \rightarrow \min, \mu_k \geq 0 \quad (7)$$

де λ_k та μ_k – вагові коефіцієнти пріоритетів відповідних часткових критеріїв у жорсткій та нежорсткій моделях відповідно.

Система показників ефективності системи доставки. Для комплексного оцінювання якості функціонування системи доставки ШОВ запропоновано систему трьох часткових коефіцієнтів ефективності та їх інтегральний показник. Коефіцієнт повноти доставки:

$$K^1 = C_{\text{факт}} / C_{\text{план}} \quad (8)$$

де $C_{\text{факт}}$ – фактична вартість виконаних їздок; $C_{\text{план}}$ – планова вартість усіх запланованих їздок.

Коефіцієнт своєчасності доставки:

$$K^2 = C_{\text{ТВС}} / C_{\text{план}} \quad (9)$$

де $C_{\text{ТВС}}$ – вартість їздок, виконаних у межах часових вікон споживачів.

Коефіцієнт питомих витрат на доставку:

$$K^3 = C_{\text{вит}} / C_{\text{план}} \quad (10)$$

де $C_{\text{вит}}$ – фактичні витрати на виконання маршрутів і накладні витрати.

Інтегральний показник ефективності функціонування системи доставки:

$$K_{\text{еф}} = \alpha^1 \cdot K^1 + \alpha^2 \cdot K^2 - \alpha^3 \cdot K^3, \Sigma \alpha_k = 1, \alpha_k \geq 0 \quad (11)$$

де α_k – вагові коефіцієнти, що встановлюються на основі порівняльної вартості витрат та пріоритетів підприємства. Нормативна умова функціонування системи: $K^1 \rightarrow 1, K^2 \rightarrow 1, K^3 \rightarrow \min$.

Алгоритм диспетчерського управління та варіація маршрутів. Алгоритм диспетчерського управління параметрами процесу доставки реалізовано на основі модельно-динамічного методу. Система функціонує в режимі безперервного очікування подій двох видів: повідомлення «за тактом» (відомості про інтенсивність руху з певною періодичністю) та повідомлення «за фактом» (сигнали про виконання чергової фази графіка або виникнення надзвичайних ситуацій). Задача вирішується у два етапи: початковий (формування навантаженого графа дорожньої мережі та матриці мінімальних часів руху за алгоритмом Флойда-Воршола) та основний (циклічна обробка вхідної інформації та коригування плану-графіка).

Ключовим елементом алгоритму є варіація маршрутів при загрозі виникнення затору. Ймовірність своєчасної доставки при застосуванні варіації маршрутів розраховується за формулою повної ймовірності:

$$P(A) = P(H^1) \cdot P(A | H^1) + P(H^2) \cdot P(A | H^2) \quad (12)$$

де $P(A)$ – ймовірність своєчасної доставки при варіації маршрутів; H^1 – подія «затору на плановому маршруті немає»; H^2 – подія «затор на плановому маршруті є»; $P(A|H_k)$ – умовна ймовірність своєчасної доставки за умови настання події H_k .

Результати імітаційного моделювання процесу доставки на 30 незалежних реалізаціях для 6 рівнів завантаженості дорожньої мережі підтвердили стабільну перевагу розробленого алгоритму над базовим варіантом (статичне планування без диспетчерського коригування). При мінімальному рівні завантаженості зниження відсотка повернення ШОВ становить 8,3 %, при максимальному (пікові години) – 61,2 %. Середнє значення зниження відсотка повернення за всіма рівнями завантаженості дорівнює 54,81 %. Коефіцієнт варіації результатів між реалізаціями не перевищує 15 % для жодного рівня завантаженості, що свідчить про стійкість алгоритму до випадкових коливань дорожньої обстановки [4].

Алгоритм комплектації вантажів і генерації розвізних маршрутів реалізовано у вигляді евристичної процедури формування вантажокомплектів із заявок за узагальненим критерієм, що враховує: коефіцієнт використання вантажопідйомності та об'єму кузова; відхилення від оптимального часового вікна доставки; геометричну сумісність заявок; можливість виконання всіх заявок вантажокомплекту за робочу зміну. Оптимізація послідовності відвідування пунктів розвантаження виконується евристикою найближчого сусіда з урахуванням часових обмежень (TSP-TW).

Аналіз впливу ресурсного забезпечення на ефективність системи доставки. Регресійний аналіз впливу характеристик складських, транспортних та експедиційних можливостей системи доставки на її ефективність засвідчив наявність оптимальних значень досліджуваних характеристик, при яких інтегральний показник $K_{\text{еф}}$ досягає максимуму. Невідповідність фактичних значень оптимальним призводить до втрат ефективності, причому швидкість зниження $K_{\text{еф}}$ відрізняється залежно від виду ресурсу та характеру невідповідності (надлишок чи нестача) [2].

Аналіз складських (вантажно-розвантажувальних) можливостей показав, що при 20 % нестачі кількості та тривалості роботи механізмів ефективність системи доставки знижується на 24 %; при 20 % надлишку – на 11 %. Нестача складських можливостей є більш критичним чинником, оскільки спричиняє утворення черг транспортних засобів та суттєве порушення часових графіків. Аналіз транспортних можливостей виявив, що при нестачі та надлишку на 20 % значення $K_{\text{еф}}$ знижується в середньому на 17 % та 9 % відповідно. Порівняльний аналіз впливу кількості власних і орендованих автомобілів підтвердив мінімальний вплив форми власності на ефективність, що з урахуванням нерівномірності попиту обґрунтовує доцільність аутсорсингу транспортних послуг.

Експедиційні можливості здійснюють найменший вплив на ефективність системи доставки: при 20 % невідповідності чисельності штату експедиторів зниження K_{ef} становить у середньому 6,3 %. Разом із тим використання експедиторів є значимою конкурентною перевагою – вони забезпечують належне оформлення документації, контроль умов приймання-передавання вантажу та оперативне вирішення конфліктних ситуацій. Таким чином, оптимальний склад і структура ресурсного забезпечення системи доставки ШОВ мають бути збалансованими та відповідати реальним потребам конкретного підприємства.

Висновки. 1. На підставі статистичного обстеження виявлено чітку тенденцію до зростання відсотка повернення ШОВ – з 1,65 % до 8,87 % за 12 місяців ($R^2 = 0,546$) із прогнозом досягнення 11 % у 2026 р. Причинно-наслідковий аналіз засвідчив, що зовнішні чинники становлять 69,1 % сукупного впливу, провідним серед яких є несвоєчасна доставка внаслідок проблем дорожнього руху.

2. Розроблено математичну модель управління параметрами процесу доставки ШОВ на основі теорії динамічних систем з управлінням, апарату функцій Хевісайда та сигмоїдних функцій нечіткої логіки (формули 1–7). Нежорстка модифікація моделі адекватно відображає умови міського руху з властивими йому нечіткими часовими обмеженнями та є більш реалістичною для практичного застосування.

3. Запропонована система трьох часткових коефіцієнтів ефективності (K^1 – повнота, K^2 – своєчасність, K^3 – питомі витрати) та інтегральний показник K_{ef} з аналітично обґрунтованими ваговими коефіцієнтами (формули 8–11) дозволяє комплексно вимірювати виконання всіх логістичних вимог споживача.

4. Розроблено алгоритм диспетчерського управління на основі модельно-динамічного методу з варіацією маршрутів за формулою повної ймовірності (формула 12). Застосування варіації маршрутів забезпечує зниження відсотка повернення ШОВ у середньому на 54,81 % (коефіцієнт варіації результатів не перевищує 15 % для всіх рівнів завантаженості дорожньої мережі).

5. Регресійний аналіз впливу ресурсного забезпечення на ефективність системи доставки показав: 20 % нестача вантажно-розвантажувальних механізмів знижує K_{ef} на 24 %, транспортних можливостей – на 17 %, експедиційних – на 6,3 %. Рекомендованою формою організації транспортного обслуговування є аутсорсинг, що дозволяє гнучко реагувати на нерівномірність попиту та мінімізувати витрати. Розроблені алгоритми є масштабованими та придатними для підприємств будь-якого розміру.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>

2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagaňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V.: (2024). Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagaňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4

3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. Applied Sciences. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. June 8-11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

**СПЕЦИФІКА УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ПОТОКАМИ В АГРОЛОГІСТИЦІ:
ЧАСОВИЙ ТА БІОЛОГІЧНИЙ ВИМІРИ**

Росохатий С. А., здобувач третього (освітньо-наукового) РВО

Державний біотехнологічний університет

Науковий керівник: Войтов В.А., д.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Хвостіков А.І., доктор філософії (PhD) з економіки

*Харківський національний економічний
університет імені Семена Кузнеця*

**SPECIFICS OF MATERIAL FLOW MANAGEMENT IN AGRICULTURAL LOGISTICS:
TEMPORAL AND BIOLOGICAL DIMENSIONS**

Serhii Anatoliiovych Rosokhatyi, PhD Student

State Biotechnological University

Scientific Supervisor: V. A. Voitov, Doctor of Technical Sciences

State Biotechnological University

Khvostikov Andrii,

PhD in Economics, Lecturer,

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Сучасні трансформації логістичних систем дедалі виразніше демонструють обмеженість універсальних підходів до управління матеріальними потоками, особливо в секторах, де об'єкт руху має нестандартизовану природу та обмежену тривалість життєвого циклу. Аграрний сектор у цьому контексті виступає специфічним середовищем, у якому логістичні процеси формуються під впливом поєднання економічних, технологічних і біологічних факторів, що істотно ускладнює застосування класичних моделей оптимізації. За оцінками Food and Agriculture Organization of the United Nations, значна частина втрат сільськогосподарської продукції припадає саме на етапи післязбиральної обробки, транспортування та зберігання, що свідчить про критичну роль логістики у забезпеченні продовольчої безпеки [1].

Водночас дослідження World Bank підкреслюють, що неефективність агрологістичних систем пов'язана не лише з інфраструктурними обмеженнями, а й із недостатньою адаптацією управлінських рішень до часових і якісних характеристик продукції [2].

У рамках наукового дискурсу акцентується увага на необхідності врахування біологічної природи матеріальних потоків як визначального чинника їх організації, що змінює традиційне уявлення про логістику як суто техніко-економічну систему [3].

Метою дослідження є обґрунтування особливостей агрологістики як системи управління матеріальними потоками, що формується під впливом біологічних циклів, сезонності виробництва та обмеженої керованості параметрів продукції.

Агрологістика суттєво відрізняється від класичних логістичних моделей тим, що об'єкт управління в ній не є повністю контрольованим і передбачуваним, оскільки значна частина параметрів матеріального потоку формується під впливом природно-біологічних процесів. Це означає, що обсяги, якість, часові характеристики та навіть придатність продукції до транспортування визначаються не лише управлінськими рішеннями, а й погодними умовами, станом ґрунтів, біологічними особливостями культур, фазами росту та збирання врожаю.

У результаті логістична система в аграрному секторі функціонує в умовах жорсткої часової обмеженості, коли вікно для збору, обробки, зберігання і транспортування продукції є вузьким і часто не підлягає розширенню без втрат якості або кількості. Це трансформує саму логіку управління матеріальними потоками: якщо у промисловій логістиці можлива оптимізація через накопичення запасів або перенесення операцій у часі, то в агрологістиці

такі інструменти мають обмежене застосування, а ключовим завданням стає забезпечення синхронності між етапами виробництва, зберігання і реалізації. Порушення цієї синхронності призводить не лише до зростання витрат, а й до фізичної втрати продукту, що робить агрологістичні системи більш чутливими до часових дисбалансів порівняно з іншими секторами економіки.

Подальший розвиток агрологістики демонструє, що часові обмеження є лише зовнішнім проявом більш глибокої проблеми - обмеженої керованості параметрами матеріального потоку. На відміну від індустріальних систем, де продукт є стандартизованим і відтворюваним, аграрна продукція характеризується варіативністю, що ускладнює процеси її сортування, зберігання та транспортування. Виникає необхідність врахування не лише кількісних, а й якісних характеристик потоку, які можуть змінюватися навіть у межах однієї партії. У такій ситуації логістичні рішення перестають бути універсальними та потребують постійної адаптації до фактичного стану продукції, що підвищує роль оперативного управління та знижує ефективність довгострокового планування.

Суттєво трансформується і функціональне навантаження логістики, яка в аграрному секторі виходить за межі класичного переміщення продукції. Вона охоплює процеси післязбиральної обробки, первинного сортування, охолодження, формування партій та підготовки до реалізації, фактично інтегруючись у виробничий процес. Фактично межа між виробництвом і логістикою стає умовною, а ефективність управління визначається не окремими операціями, а узгодженістю всього ланцюга дій, починаючи з моменту збору врожаю.

Окремого значення набуває проблема втрат продукції, які в агрологістиці мають не випадковий, а системний характер. Частина втрат формується ще на етапі збору через невідповідність технологічних рішень реальним умовам, інша - у процесі транспортування та зберігання внаслідок порушення температурних режимів, механічних пошкоджень або перевищення допустимих строків обробки. У результаті логістична система повинна бути орієнтована не лише на забезпечення руху матеріального потоку, а й на збереження його якісних характеристик, що змінює критерії оцінки її ефективності.

Важливим аспектом, який поглиблює розуміння специфіки агрологістики, є просторово-інфраструктурна нерівномірність, що впливає на ефективність організації матеріальних потоків. На відміну від галузей із відносно стабільною локалізацією виробництва, аграрна діяльність територіально розосереджена, що ускладнює формування оптимальних транспортних маршрутів і підвищує залежність від стану дорожньої, складської та перевантажувальної інфраструктури. Транспортні технології, за таких умов, виконують не лише функцію переміщення продукції, а й виступають інструментом вирівнювання просторових дисбалансів, забезпечуючи доступ до ринків збуту та знижуючи ризики локалізованих перевантажень або затримок у русі потоку.

Агрологістика формує особливий тип управління, в якому ключовим стає не стільки забезпечення безперервності потоків, скільки підтримання їхньої відповідності біологічним та часовим обмеженням. Це потребує переходу від жорстко структурованих логістичних моделей до більш контекстно-залежних рішень, що враховують змінність середовища та неоднорідність продукції, і визначає необхідність подальшого переосмислення методичних підходів до організації логістичних процесів в аграрному секторі.

Список посилань:

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Rome: FAO, 2019. URL: <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>
2. World Bank. Food Loss and Waste: Building on Existing Initiatives. Washington, DC: World Bank, 2020. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34521>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Loss Analysis: Causes and Solutions - Case Studies in Small-Scale Agriculture. Rome: FAO, 2014. URL: <https://www.fao.org/3/i4068e/i4068e.pdf>

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Кравцов А.Г., к.т.н.

Печерський Д. О. бакалавр

Державний біотехнологічний університет

OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM OF TRANSPORTATION OF GRAIN LOADS

Kravtsov A, PhD

Pecherskyi.D, bachelor

State Biotechnological University (SBTU)

Україна є державою з потужним агропромисловим потенціалом та значними перспективами розвитку сільського господарства, що зумовлено поєднанням сприятливих природно-кліматичних умов, родючих ґрунтів і вигідного географічного розташування [1; 2]. Наявність значних площ чорноземів, помірнього клімату та розвиненої аграрної традиції створює передумови для ефективного ведення сільськогосподарського виробництва і формування значних обсягів продукції, зокрема зернових культур [2]. У цих умовах особливої ваги набуває забезпечення ефективної системи транспортування аграрної продукції від місць виробництва до пунктів переробки, зберігання та експорту [3].

Аграрний сектор України є одним із ключових елементів національної економіки, оскільки забезпечує продовольчу безпеку держави, формує значну частку експортного потенціалу та сприяє наповненню державного бюджету [1]. Виробництво зернових культур, зокрема пшениці, кукурудзи та ячменю, займає провідне місце у структурі сільськогосподарського виробництва, що обумовлює необхідність створення ефективної логістичної інфраструктури для їх транспортування [2; 4].

У таких умовах важливу роль відіграє організація вантажних перевезень, яка є складною системою взаємопов'язаних процесів. Технологія вантажних перевезень розглядається як сукупність науково обґрунтованих методів, способів і організаційних рішень, спрямованих на забезпечення ефективного переміщення вантажів від виробника до споживача [3]. Вона охоплює всі етапи транспортного процесу — від підготовки вантажу до транспортування, його навантаження та перевезення до розвантаження і доставки кінцевому споживачу [4].

Сучасні тенденції розвитку транспортної галузі характеризуються стрімким зростанням обсягів перевезень, розширенням сфери використання автомобільного транспорту та збільшенням кількості рухомого складу [5]. Це, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до ефективності управління транспортними процесами, ускладнює координацію діяльності перевізників і потребує впровадження сучасних логістичних підходів [6].

Удосконалення форм і методів заготівлі сільськогосподарської продукції, розвиток прямих зв'язків між виробниками, переробними підприємствами та торговельними структурами, а також розширення практики приймання продукції безпосередньо в місцях її виробництва зумовлюють необхідність підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту [2; 7]. Це потребує комплексного підходу до організації збирально-транспортних процесів, а також впровадження систем централізованого управління перевезеннями [5].

Проблеми у сфері перевезення зернових культур автомобільним транспортом мають системний характер. Однією з ключових є прагнення аграрних підприємств знизити витрати на транспортування, що часто призводить до порушення встановлених норм завантаження транспортних засобів [8]. Перевантаження автомобілів дозволяє зменшити кількість рейсів,

однак спричиняє значне руйнування дорожньої інфраструктури, підвищує аварійність і знижує ефективність використання транспортних засобів [6].

Значна частина зернових вантажів транспортується як до елеваторів, так і безпосередньо до морських портів, що пов'язано з активізацією експортної діяльності аграрних підприємств [1; 8]. Останнім часом спостерігається тенденція до зростання частки малих і середніх господарств, які самостійно здійснюють експорт продукції, що ускладнює організацію логістичних процесів і підвищує навантаження на транспортну систему [7].

Запровадження вагових обмежень для вантажного транспорту не дало очікуваного ефекту, оскільки частина перевізників обходить контроль шляхом використання альтернативних маршрутів або неформальних механізмів [6]. Це свідчить про необхідність комплексного підходу до вирішення проблеми, що включає розвиток транспортної інфраструктури, удосконалення нормативно-правового забезпечення та підвищення рівня контролю [5].

Разом із тим не всі аграрні підприємства мають можливість інвестувати у власний транспортний парк, зокрема спеціалізовані зерновози [4]. Проте спостерігаються позитивні тенденції, пов'язані з розвитком вітчизняного виробництва транспортних засобів, зокрема причепів і напівпричепів, а також використанням полегшених конструкцій, що дозволяє підвищити ефективність перевезень [3; 8].

Незважаючи на певні позитивні зміни, галузь перевезення зернових культур залишається проблемною, а попит на транспортні послуги стабільно високим [2]. У цих умовах важливим напрямом підвищення ефективності логістики є розвиток партнерських відносин між агровиробниками та професійними логістичними компаніями [7].

Такі компанії, як правило, мають розвинену інфраструктуру, включаючи елеватори, перевалочні комплекси та власний транспортний парк, що дозволяє забезпечити повний цикл логістичного обслуговування [1; 5]. Співпраця з ними сприяє зниженню витрат, підвищенню надійності перевезень і забезпеченню своєчасної доставки продукції до кінцевого споживача або на експорт [3].

Таким чином, вирішення наявних проблем у сфері перевезень аграрної продукції потребує системного підходу, який поєднує технічні, організаційні та економічні заходи. Реалізація таких заходів сприятиме підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору України, зниженню логістичних витрат і забезпеченню стабільного розвитку національної економіки в умовах інтеграції до світових ринків.

Список посилань:

1. Саблук П. Т. Розвиток аграрного сектору економіки України : монографія. – Київ : ННЦ ІАЕ, 2020. – 376 с.
2. Лупенко Ю. О., Месель-Веселяк В. Я. Аграрний сектор України: стан та перспективи розвитку : монографія. – Київ : ННЦ ІАЕ, 2021. – 308 с.
3. Бутко М. П., Коваленко Н. В. Транспортна логістика в аграрному секторі : навч. посіб. – Київ : Кондор, 2022. – 240 с.
4. Гудзь О. Є. Організація автомобільних перевезень : навч. посіб. – Київ : Каравела, 2021. – 320 с.
5. Жигалкевич Ж. М. Управління транспортними процесами : навч. посіб. – Львів : Львівська політехніка, 2022. – 260 с.
6. Окландер М. А. Логістика : підручник. – Київ : Центр учбової літератури, 2020. – 346 с.
7. Сумець О. М. Логістичні системи і ланцюги поставок : навч. посіб. – Харків : ХНЕУ, 2021. – 280 с.
8. Крикавський Є. В. Логістика та управління ланцюгами поставок : підручник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 360 с.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ
ЗБИРАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Говоруха Д.Є, аспірант;

Матющенко Є. В., здобувач

Державний біотехнологічний університет

Музильов Д.О., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ORGANIZATION OF TRANSPORT-TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR SERVICING
HARVESTING PROCESSES IN AGRO-INDUSTRIAL PRODUCTION**

M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. Ye. Govorukha, PhD student;

V. O. Don, postgraduate researcher

State Biotechnology University

D. O. Muzylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kharkiv National University of Automobile and Highway Engineering

Агропромисловий комплекс є однією з визначальних галузей економіки України, що забезпечує продовольчу безпеку держави та формує значну частку її експортного потенціалу. Серед зернових культур кукурудза на зерно посідає особливе місце: за обсягами виробництва вона належить до провідних культур, а збиральна кампанія характеризується жорсткими агротехнічними строками та значними обсягами вантажопотоків. За даними Державної служби статистики України, у 2023 році площа посівів кукурудзи на зерно становила близько 4,5 млн га, а валовий збір перевищив 27 млн тонн [1].

Ефективність збиральної кампанії визначається не лише продуктивністю збиральних машин, а й злагодженістю функціонування всієї збирально-транспортної системи (ЗТС). Транспортне обслуговування збиральних машин є критичним елементом цієї системи: прості зернозбиральних комбайнів в очікуванні транспортних засобів суттєво знижують ефективність виробничого процесу та збільшують питомі витрати на збирання. За результатами натурних досліджень, прості збиральних машин при прямоточній схемі становлять 19–35 % змінного часу, тоді як схема із причепами-перевантажувачами знижує цей показник до 2–3 % [2].

Аналіз сучасної наукової літератури засвідчує, що питання обґрунтування раціональних транспортно-технологічних схем обслуговування збиральних машин залишається актуальним науково-практичним завданням, особливо в умовах Харківської області. Більшість вітчизняних агропромислових підприємств продовжує застосовувати прямоточну схему транспортного обслуговування як найпростішу в організаційному відношенні, тоді як резерв підвищення ефективності ЗТС за рахунок оптимізації схем оцінюється в 20–35 % [3, 4].

Класифікація транспортно-технологічних схем та методологічна основа дослідження. У агропромисловому виробництві застосовуються три основні транспортно-технологічні схеми обслуговування збиральних машин: прямоточна, із оборотними причепами та із причепами-перевантажувачами. Прямоточна схема передбачає безпосередню взаємодію комбайна з транспортним засобом, який після завантаження прямує до пункту приймання та обробки зерна (ПОЗ). Схема із оборотними причепами спрямована на зменшення залежності збиральних машин від транспортних засобів шляхом часткового відокремлення операцій збирання та транспортування. Схема із причепами-перевантажувачами забезпечує приймання зерна безпосередньо в процесі руху комбайна, що практично унеможлиблює його прості.

Методологічну основу дослідження становлять системний аналіз, метод варіантних розрахунків та імітаційне моделювання. Системний підхід передбачає розгляд ЗТС як складного організаційно-технічного об'єкта, що складається з підсистем збирання, транспортування та приймання зерна, між якими відбувається безперервний обмін матеріальними потоками. Визначальними параметрами вибору раціональної схеми є відстань від поля до ПОЗ та рівень урожайності культури.

Математичний опис параметрів збирально-транспортного процесу. Тривалість наповнення бункера зернозбирального комбайна визначається за формулою:

$$t_6 = Q_6 / (W \cdot v_k \cdot B \cdot \rho) \quad (1)$$

де t_6 – тривалість наповнення бункера, год; Q_6 – місткість бункера комбайна, м³; W – урожайність культури, т/га; v_k – робоча швидкість комбайна, км/год; B – ширина захвату жатки, м; ρ – об'ємна маса зерна, т/м³.

Тривалість транспортного циклу при прямоочній схемі:

$$t_{ц,пр} = t_{зав} + 2 \cdot L / v_T + t_{розв} \quad (2)$$

де $t_{зав}$ – тривалість завантаження транспортного засобу, год; L – відстань від поля до ПОЗ, км; v_T – середня швидкість руху транспортного засобу, км/год; $t_{розв}$ – тривалість розвантаження на ПОЗ, год.

Мінімально необхідна кількість транспортних засобів для безперебійного обслуговування m комбайнів:

$$N_T = m \cdot t_{ц} / t_6 \quad (3)$$

де N_T – потрібна кількість транспортних засобів, одиниць; m – кількість комбайнів; $t_{ц}$ – тривалість транспортного циклу, год.

Основним критерієм порівняння схем обрано питомі витрати на транспортування зерна (грн/т):

$$V_{пит} = (N_T \cdot C_T \cdot T_{зм}) / ПТЗ \quad (4)$$

де $V_{пит}$ – питомі витрати на транспортування, грн/т; C_T – вартість машино-години роботи транспортного засобу, грн/год; $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год; $ПТЗ$ – продуктивність одного транспортного засобу за зміну, т/зміну.

Коефіцієнт використання робочого часу комбайна:

$$K_B = (T_{зм} - t_{пр} - t_{тех} - t_{пер}) / T_{зм} \quad (5)$$

де K_B – коефіцієнт використання робочого часу комбайна (нормативне значення $K_B \geq 0,75$); $t_{пр}$ – час простоїв в очікуванні транспортного засобу, год; $t_{тех}$ – час технологічних зупинок, год; $t_{пер}$ – час переїздів між загонами, год.

Результати натурних досліджень. Польові дослідження проводилися впродовж збиральних кампаній 2023–2024 років на трьох агропромислових підприємствах Харківської області, що застосовують різні транспортно-технологічні схеми. На фермерському господарстві «Нива» (відстань до ПОЗ $L = 5$ км) досліджувалася прямоочна схема, на ТОВ «Агро-Схід» ($L = 12$ км) – змішана, на ПАТ «Зернопром» ($L = 18$ км) – схема із причепами-перевантажувачами. Загальний обсяг хронометражних спостережень склав 339 реалізацій повних робочих циклів.

Аналіз хронометражних даних засвідчив суттєву відмінність у тривалості простоїв комбайнів залежно від застосовуваної схеми. При прямоочній схемі та $L = 12$ км час

простою становить 6,3 хв на цикл (10,4 % його тривалості), при схемі із причепами-перевантажувачами – лише 0,8 хв (2,8 %). Значення коефіцієнта K_b становить: для ФГ «Нива» – 0,837, для ТОВ «Агро-Схід» – 0,795, для ПАТ «Зернопром» – 0,895. Всі отримані значення перевищують нормативний рівень $K_b \geq 0,75$.

Статистична обробка результатів спостережень підтвердила, що більшість параметрів процесу підпорядковується нормальному закону розподілу (коефіцієнт варіації $V = 12\text{--}21\%$). Виняток становить час простою комбайна, розподіл якого відповідає показниковому закону ($V = 112,5\%$), що враховано при параметризації імітаційної моделі. Адекватність останньої підтверджена критерієм Фішера: відхилення розрахункових значень від натурних даних не перевищують 3,1 % за жодним із показників.

Варіантні розрахунки та межі доцільного застосування схем. Варіантні розрахунки виконано для трьох схем при варіюванні відстані транспортування L від 4 до 20 км та урожайності W від 4,0 до 10,0 т/га. Для кількісної оцінки впливу відстані на питомі витрати введено коефіцієнт чутливості:

$$K_L = \Delta B_{\text{пит}} / \Delta L \quad (6)$$

де K_L – коефіцієнт чутливості питомих витрат до відстані, грн/(т·км); $\Delta B_{\text{пит}}$ – приріст питомих витрат при збільшенні відстані, грн/т; ΔL – збільшення відстані транспортування, км.

Розраховані значення K_L у діапазоні $L = 4\text{--}20$ км свідчать про принципово різну чутливість схем. Для прямої схеми $K_L = 6,03$ грн/(т·км), для схеми із оборотними причепами – 5,03 грн/(т·км), для схеми із причепами-перевантажувачами – лише 2,54 грн/(т·км). Отже, схема із причепами-перевантажувачами є найменш чутливою до збільшення відстані: приріст питомих витрат на 1 км для неї у 2,4 раза менший, ніж для прямої схеми [3].

Для кількісної оцінки впливу рівня врожайності на питомі витрати введено аналогічний коефіцієнт:

$$K_W = \Delta B_{\text{пит}} / \Delta W \quad (7)$$

де K_W – коефіцієнт чутливості питомих витрат до рівня урожайності, грн/т на 1 т/га; ΔW – збільшення урожайності, т/га.

При $L = 12$ км значення K_W становить: для прямої схеми – 8,1, для схеми із оборотними причепами – 10,1, для схеми із причепами-перевантажувачами – 6,8 грн/т на 1 т/га. Схема із причепами-перевантажувачами є найменш чутливою до зростання врожайності завдяки прийманню зерна на ходу та вищій вантажопідйомності магістральних транспортних засобів [4].

На підставі порівняння залежностей питомих витрат від відстані та врожайності встановлено такі межі доцільного застосування транспортно-технологічних схем: пряма є раціональною при $L \leq 7$ км та $W \leq 7,5$ т/га; схема із оборотними причепами – при $5 \leq L \leq 14$ км та $4,0 \leq W \leq 8,0$ т/га; схема із причепами-перевантажувачами – при $L > 12$ км та $W > 7,5$ т/га. У перехідній зоні ($L = 7\text{--}13$ км, $W = 6,0\text{--}8,0$ т/га) різниця між схемами за питомими витратами не перевищує 8–12 %, тому вибір схеми може визначатися додатковими організаційно-технічними чинниками конкретного господарства.

Економічна ефективність впровадження раціональної схеми. Економічну ефективність впровадження раціональної схеми проілюстровано на прикладі ТОВ «Агро-Схід», для якого рекомендується перехід від прямої схеми до схеми із оборотними причепами для полів з відстанню до ПОЗ 8–14 км (площа 420 га). Річна економія від впровадження раціональної схеми визначається за формулою:

$$E = Q \cdot (B_{\text{пит.до}} - B_{\text{пит.після}}) \quad (8)$$

де E – річна економія від впровадження раціональної схеми, тис. грн/рік; Q – річний обсяг перевезення зерна, т/рік; $B_{\text{пит.до}}$ і $B_{\text{пит.після}}$ – питомі витрати до та після впровадження раціональної схеми відповідно, грн/т.

За результатами розрахунків: $Q = 420 \cdot 7,4 = 3\,108$ т/рік; при прямоточній схемі $V_{\text{пит.до}} = 77,2$ грн/т, при схемі із оборотними причепами $V_{\text{пит.після}} = 60,3$ грн/т. Загальна річна економія для господарства становить 278,0 тис. грн. Простий термін окупності капіталовкладень у придбання шести оборотних причепів (480,0 тис. грн) дорівнює 1,7 року, що є суттєво меншим за нормативне значення для аграрної галузі (5 років) [1].

Крім прямого економічного ефекту, впровадження раціональної схеми забезпечує: підвищення продуктивності ЗТС на 13,8 % (з 218 до 248 т/зміну); зростання коефіцієнта використання робочого часу комбайна з 0,801 до 0,842; скорочення кількості залучених транспортних засобів на 25 % (з 4 до 3 одиниць), що знижує навантаження на технічну службу підприємства.

Висновки. 1. На підставі аналізу особливостей кукурудзи як об'єкта збирання та транспортування встановлено, що підвищена вологість зерна при збиранні (18–28 %), висока продуктивність сучасних комбайнів (18–35 т/год) та жорсткі агротехнічні строки кампанії (15–22 доби) висувають підвищені вимоги до безперервності транспортного обслуговування збиральних машин. Резерв підвищення ефективності ЗТС за рахунок оптимізації транспортно-технологічних схем в господарствах Харківської області оцінюється в 20–35 % [2, 4].

2. Розроблено методологічну основу порівняльного аналізу, що включає математичний опис параметрів збирально-транспортного процесу (формули 1–5), семикроковий алгоритм варіантних розрахунків та п'ятиетапну методику імітаційного моделювання. Адекватність імітаційної моделі підтверджена критерієм Фішера: відхилення від натурних даних не перевищують 3,1 %.

3. Встановлено кількісні межі доцільного застосування транспортно-технологічних схем: прямоточна – при $L \leq 7$ км та $W \leq 7,5$ т/га; із оборотними причепами – при $5 \leq L \leq 14$ км та $4,0 \leq W \leq 8,0$ т/га; із причепами-перевантажувачами – при $L > 12$ км та $W > 7,5$ т/га. Схема із причепами-перевантажувачами характеризується найнижчою чутливістю до зростання відстані транспортування ($K_L = 2,54$ грн/(т·км) проти 6,03 грн/(т·км) для прямоточної) [3].

4. Розраховано економічну ефективність впровадження раціональної схеми для ТОВ «Агро-Схід»: зниження питомих витрат на 21,9 % (з 77,2 до 60,3 грн/т), річна економія 278,0 тис. грн при простому терміні окупності капіталовкладень 1,7 року. Практична цінність одержаних результатів полягає у можливості їх безпосереднього використання агропромисловими підприємствами Харківської області при плануванні збиральних кампаній та виборі раціональних схем транспортного обслуговування.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>

2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V.: (2024). Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagáňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4

3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. Applied Sciences. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. June 8-11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

*Кухар О. В., д.е.н., Кизим О. В., бакалавр
Державний біотехнологічний університет*

IMPROVING THE ORGANIZATION OF DELIVERY OF MINERAL FERTILIZERS BY ROAD TRANSPORT

*Kuhar O., D.Sc. (Econ.), Kyzym O., bachelor's degree
State Biotechnological University (SBTU)*

Україна є однією з провідних аграрних держав світу, що зумовлено сприятливими природно-кліматичними умовами, значними площами родючих ґрунтів та високим рівнем розвитку сільськогосподарського виробництва. Висока частка чорноземів, вигідне географічне положення та наявність значного експортного потенціалу сприяють активному розвитку аграрного сектору, який є важливою складовою національної економіки [1]. Водночас ефективне функціонування аграрного сектору неможливе без належної організації транспортного забезпечення, оскільки саме транспорт відіграє ключову роль у переміщенні матеріальних ресурсів і готової продукції між учасниками ринку.

Раціональне використання різних видів транспорту забезпечує безперервність виробничих процесів, скорочення витрат і підвищення конкурентоспроможності аграрної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. У сучасних умовах особливого значення набуває інтеграція транспортних процесів у єдину логістичну систему, що дозволяє підвищити ефективність управління матеріальними потоками та забезпечити узгодженість дій усіх учасників ланцюга поставок [2].

Одним із важливих елементів ресурсного забезпечення сільського господарства є своєчасне постачання добрив, від якого безпосередньо залежить рівень урожайності та якість продукції. Потреба в добривах має виражений сезонний характер: найбільший попит спостерігається перед початком посівної кампанії та після завершення збиральних робіт, коли здійснюється підготовка ґрунту до наступного аграрного циклу. Водночас процес їх транспортування здійснюється протягом усього року, що вимагає належної організації логістичних процесів та створення ефективної інфраструктури зберігання і доставки [3].

З огляду на те, що значна частина складів і пунктів зберігання розташована у важкодоступних або віддалених районах, основне навантаження з перевезення добрив покладається на автомобільний транспорт. Його використання обумовлено високою маневреністю, можливістю доставки «від дверей до дверей» та гнучкістю у виборі маршрутів. Крім того, автомобільний транспорт забезпечує оперативність доставки невеликих партій вантажів, що є особливо важливим у періоди пікового навантаження [4].

Добрива умовно поділяють на органічні та неорганічні. До органічних належать гній, торф, солома, компости та інші природні речовини, які формуються в результаті біологічних процесів. Неорганічні (мінеральні) добрива є продуктами хімічної промисловості та включають азотні, фосфорні, калійні та мікродобрива. Значна частина мінеральних добрив відноситься до категорії небезпечних вантажів, що обумовлює підвищені вимоги до їх транспортування, зберігання та обробки [5]. Недотримання правил перевезення таких вантажів може призвести до негативних наслідків — від пошкодження продукції до виникнення аварійних ситуацій і шкоди для навколишнього середовища та здоров'я людей. Саме тому організація перевезень добрив повинна базуватися на суворому дотриманні нормативних вимог, стандартів безпеки та принципів логістики, зокрема вимог ДОПНВ (ADR) та національних стандартів перевезення небезпечних вантажів [6].

Кожне перевезення добрив потребує ретельного планування, яке включає вибір оптимального маршруту, типу транспортного засобу, способу пакування та умов

перевезення. Важливим є також використання сучасних інформаційних технологій, таких як GPS-моніторинг, системи управління транспортом (TMS) та цифрові платформи логістики, що забезпечують підвищення прозорості та керованості транспортних процесів [7].

Водночас на практиці існує низка проблем, що ускладнюють ефективну організацію перевезень, серед яких: нераціональне планування випуску транспортних засобів на лінію, низький рівень технічної готовності рухомого складу, невідповідність типу транспорту характеристикам вантажу, недостатній рівень цифровізації процесів, а також недосконалість технологічних процесів перевезення [8].

Перевезення продукції хімічної промисловості, до якої належать мінеральні добрива, є складним багатокомпонентним процесом, що передбачає взаємодію різних елементів логістичної системи. Транспортно-технологічна схема — це комплекс взаємопов'язаних технічних, організаційних, економічних і правових рішень, спрямованих на забезпечення найбільш ефективного перевезення вантажів з урахуванням конкретних умов функціонування системи.

Розробка та впровадження раціональних ТТС на основі логістичних підходів дозволяє оптимізувати транспортні процеси, зменшити витрати, підвищити надійність постачання та забезпечити високий рівень обслуговування споживачів [9].

Удосконалення транспортно-технологічних схем доставки добрив сільськогосподарським підприємствам є важливим напрямом підвищення ефективності аграрного виробництва. Це сприяє зниженню собівартості продукції, підвищенню її якості та зміцненню конкурентних позицій українських виробників на світових ринках. Особливої актуальності набуває впровадження інноваційних логістичних рішень, зокрема мультимодальних перевезень, автоматизації складських процесів та використання аналітичних систем підтримки прийняття рішень [10].

Ефективна організація перевезень добрив є ключовим фактором стабільного розвитку сільського господарства. Використання логістичного підходу та впровадження раціональних транспортно-технологічних схем дозволяє мінімізувати витрати, підвищити безпеку перевезень і забезпечити своєчасне постачання ресурсів, що в підсумку позитивно впливає на результативність аграрного сектору та економіку країни загалом [11].

Список посилань:

1. Нагорний Є.В., Криворучко О.М. Логістика в аграрному секторі економіки України. — Київ: КНЕУ, 2021. — 256 с.
2. Крикавський Є.В., Покильченко О.А., Федоренко В.О. Логістика: навч. посіб. — Львів: Львівська політехніка, 2020. — 540 с.
3. Сумець О.М. Логістичні системи і ланцюги поставок. — Харків: ХНУ, 2022. — 312 с.
4. Гудзь П.В., Мироненко В.К. Транспортна логістика. — Київ: Центр учбової літератури, 2021. — 274 с.
5. Мельник Л.Г., Карпова Н.М. Екологічна безпека перевезення небезпечних вантажів. — Суми: Університетська книга, 2020. — 198 с.
6. Бабак В.П., Харченко В.П. Перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом. — Київ: НАУ, 2022. — 320 с.
7. Окландер М.А., Жарська І.О. Цифрова логістика та управління ланцюгами поставок. — Одеса: ОНЕУ, 2023. — 230 с.
8. Пономаренко В.С., Таньков К.М. Управління логістичною діяльністю підприємства. — Харків: ХНЕУ, 2021. — 360 с.
9. Дибська В.В., Костюченко Л.В. Логістика: теорія та практика. — Київ: КНЕУ, 2020. — 400 с.
10. Смирнов І.Г. Інноваційні технології в логістиці. — Київ: КНУ, 2023. — 210 с.
11. Григор'єва Л.В. Управління транспортними системами в аграрному секторі. — Дніпро: НГУ, 2022. — 275 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

*Карнаух М. В., к.т.н., доцент
Кобець А.Р., здобувач, Симоненко А.Ю., здобувач
Державний біотехнологічний університет*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT-TECHNOLOGICAL PROCESSES OF HARVESTING GRAIN CROPS

*M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
A. R. Kobets, researcher, A. Yu. Symonenko, researcher
State Biotechnology University*

Харківська область належить до провідних зернових регіонів України: щорічний валовий збір зерна тут перевищує 3,5–4,0 млн тонн. Проте значна частина потенційного прибутку втрачається на логістичному етапі – під час транспортування зерна від полів до елеваторів. За оцінками галузевих фахівців, нераціональна організація зернових вантажопотоків призводить до збільшення транспортних витрат на 18–35 % порівняно з теоретично можливим мінімумом [1]. Основними причинами неефективності є відсутність науково обґрунтованих маршрутів доставки зерна, нерівномірне завантаження елеваторних потужностей, нескоординована робота автомобільного транспорту різних власників та значні порожні пробіги вантажівок. Зазначені проблеми загострюються в пікові періоди зернозбиральної кампанії, коли всі маршрути функціонують одночасно, а час очікування розвантаження на найзавантаженіших елеваторах досягає 2,1–3,8 год.

Вирішення задачі оптимізації зернових вантажопотоків потребує застосування сучасних математичних методів маршрутизації транспортних засобів, адаптованих до специфіки сільськогосподарської логістики. Елеваторна інфраструктура Харківської області налічує 47 діючих зернових елеваторів загальною потужністю одночасного зберігання близько 3,8 млн тонн. При цьому розміщення елеваторів по території є нерівномірним: у центральній і південній частинах середня відстань від поля до найближчого елеватора становить 18–24 км, а в північних і східних районах – 35–55 км. Наслідком такої нерівномірності є те, що чотири елеватори центральної і південної зон завантажені на 93–97 % пропускної здатності в пікові дні, тоді як елеватори північної та західної зон – лише на 44–58 % [2].

Серед наявних методів оптимізації жоден окремо не забезпечує повного вирішення задачі: транспортна задача і мережева модель не формують конкретних маршрутів, а метод ощадливості без мережевої моделі не оптимізує розподіл навантаження між елеваторами [3]. Тому в роботі застосовано двоетапний підхід, що поєднує мережеву модель мінімального потоку на стратегічному рівні та адаптований метод ощадливості Кларка–Райта на оперативному рівні.

Математична постановка задачі маршрутизації транспортних засобів. Задача маршрутизації транспортних засобів із обмеженнями вантажопідйомності є математичним ядром оперативного рівня логістичної моделі. Введемо позначення: $\Pi = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина пунктів завантаження (поля, тимчасові накопичувачі зерна); індекс 0 позначає елеватор; k – кількість транспортних засобів; Q (т) – вантажопідйомність; q_i (т) – обсяг зерна в пункті $i \in \Pi$; d_{ij} (км) – відстань між вузлами i і j ; x_{ij}^v – бінарна змінна (1, якщо транспортний засіб v рухається з вузла i у вузол j).

Цільова функція мінімізує сумарний пробіг усіх транспортних засобів:

$$L = \sum_{v=1}^k \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} \cdot x_{ij}^v \rightarrow \min, \quad (1)$$

де d_{ij} – відстань між вузлами i і j , км.

Система обмежень включає умову одноразового обслуговування кожного пункту завантаження (кожен пункт i відвідується рівно одним транспортним засобом рівно один раз), умову початку і завершення кожного маршруту на базі (елеваторі), умову збереження потоку у проміжних вузлах, умову обмеження вантажопідйомності та умову виключення підциклів через допоміжні змінні порядку відвідування u_i^v :

$$u_i^v - u_j^v + n \cdot x_{ij}^v \leq n - 1, \quad \forall i \neq j \in \Pi, \forall v. \quad (2)$$

Для практичної задачі зернозаготівлі у Харківській області типова кількість пунктів завантаження $n = 20-80$, кількість транспортних засобів $k = 5-25$, вантажопідйомність $Q = 15-30$ т. За таких параметрів точне розв'язання задачі потребує неприйнятно великих обчислювальних ресурсів, тому застосовується евристичний метод оцудливості [3].

Адаптований метод оцудливості Кларка–Райта. Алгоритм починається з початкового розв'язання, в якому кожен пункт завантаження i обслуговується окремим рейсом. Початковий сумарний пробіг:

$$L_0 = 2 \cdot \sum_{i=1}^n d_{0i}, \quad (3)$$

де d_{0i} – відстань від бази (елеватора) до пункту завантаження i , км.

Для кожної пари пунктів (i, j) обчислюється показник оцудливості у часовому вимірі:

$$e_{ij}^t = t_{0i} + t_{0j} - t_{ij}, \quad (4)$$

де t_{0i}, t_{0j} – тривалість рейсу від бази до пунктів i і j відповідно, год; t_{ij} – тривалість переїзду між пунктами i і j , год:

$$t_{ij} = d_{ij} / v_{ij} + t_{\text{нав}} + t_{\text{розв}}, \quad (5)$$

де v_{ij} – середня технічна швидкість на ділянці (i, j) , км/год; $t_{\text{нав}}$ – час навантаження зерна, год; $t_{\text{розв}}$ – час розвантаження і очікування в черзі на елеваторі, год.

Адаптований метод відрізняється від базового трьома нововведеннями. По-перше, використовується часовий критерій оцудливості (формула 4) замість відстанного. По-друге, введено матрицю сумісності $a_{ij} \in \{0; 1\}$, що забороняє недопустимі напрями перевезення (зерно з пункту i не може бути прийнято елеватором j за якісними показниками). По-третє, враховується добова динаміка черг на елеваторах через часозалежний коефіцієнт очікування $k_{\text{ч}}(\tau)$. Після основного циклу об'єднань маршрутів застосовується процедура поліпшення – попарна заміна ребер маршруту, яка скорочує загальний пробіг додатково на 3–8 % [4].

Мережева модель управління зерновими вантажопотоками. огістичну систему «поле–елеватор» представлено у вигляді орієнтованого зваженого графа $G = (B, D)$, де $B = \Pi \cup E \cup P$ – множина вузлів (пункти завантаження, елеватори, вузлові перехрестя), D – множина дуг (ділянки доріг). Кожній дузі $(i, j) \in D$ зіставлено питому вартість перевезення v_{ij} (грн/т) і пропускну здатність u_{ij} (т/год). Задача потоку мінімальної вартості:

$$B_{\text{заг}} = \sum_{(i,j) \in D} v_{ij} \cdot f_{ij} \rightarrow \min, \quad (6)$$

де v_{ij} – питома вартість перевезення по дузі (i, j) , грн/т; f_{ij} – інтенсивність потоку по дузі (i, j) , т/год.

Умова балансу потоку в кожному вузлі:

$$\sum_{j:(i,j) \in D} f_{ij} - \sum_{j:(j,i) \in D} f_{ji} = \bar{b}_i, \quad \forall i \in B, \quad (7)$$

де \bar{b}_i – параметр балансу вузла: $\bar{b}_i > 0$ для пунктів виробництва (поля – джерела зерна); $\bar{b}_i < 0$ для елеваторів (споживачі зерна); $\bar{b}_i = 0$ для транзитних вузлів.

Умова пропускну здатності дуг:

$$0 \leq f_{ij} \leq u_{ij}, \quad \forall (i, j) \in D. \quad (8)$$

Оптимальність розподілу потоків перевіряється через умову відсутності від'ємних циклів у залишковій мережі (умова потенціалів). Мережа охоплює 144 вузли і 318 дуг; задача розв'язується методом потенціалів за 7 ітерацій.

Модель транспортних витрат і часозалежний коефіцієнт очікування. Повні транспортні витрати логістичної системи складаються з чотирьох складових: паливних витрат $V_{\text{пал}}$, витрат на заробітну плату водіїв $V_{\text{зп}}$, амортизаційних відрахувань $V_{\text{ам}}$ і витрат від простою у черзі $V_{\text{оч}}$:

$$V_{\text{тр}} = V_{\text{пал}} + V_{\text{зп}} + V_{\text{ам}} + V_{\text{оч}}. \quad (9)$$

Витрати від простою у черзі є найбільш керованою складовою і формують 22–28 % загальної тривалості рейсу. За результатами натурних спостережень (1 243 зареєстровані події очікування) встановлено часозалежний коефіцієнт $k_{\text{ч}}(\tau)$ – відношення фактичного часу очікування до базового при мінімальній завантаженості елеватора:

$$k_{\text{ч}}(\tau) = \begin{cases} 0,61 + 0,012 \cdot \tau, & \tau \in [6; 14) \\ 0,89 + 0,031 \cdot (\tau - 14), & \tau \in [14; 20], \end{cases} \quad (10)$$

де τ – поточний час доби у годинах. Формула (10) описує два режими: помірне наростання черг у першій половині дня (6:00–14:00) та прискорене наростання у другій (14:00–20:00). Коефіцієнт кореляції регресійної залежності $r = 0,87$; відхилення від фактичних значень не перевищує 6,3 %.

Комплексна цільова функція оптимізації об'єднує три нормовані критерії – транспортні витрати, загальний пробіг і сумарний час очікування – у вигляді зваженої суми. Основні параметри задачі маршрутизації для типових зон зернозаготівлі Харківської області наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри задачі маршрутизації для досліджуваних зон Харківської області

Зона збирання	п, пунктів	к, авт.	Q, т	Добовий обсяг, т	Середня відстань «пункт–елеватор», км
Центральна (Харків, Дергачі)	24	12	20	1 820	19
Південна (Лозова, Красноград)	38	18	22	3 080	22
Східна (Куп'янськ, Вовчанськ)	31	14	20	2 240	38
Усього / середнє	93	44	–	7 140	26

Результати оптимізації маршрутів і розподілу вантажопотоків. Повний перебір варіантів оптимізації виконано для трьох зон Харківської області. Загальна кількість задокументованих рейсів за кампанію склала 4 218 одиниць, з яких 287 – з повним хронометражним записом. За добу зернозаготівельної кампанії пік надходження зерна на елеватори припадає на проміжок 10:00–16:00 (52–58 % добового обсягу), що безпосередньо визначає динаміку черг.

Застосування адаптованого методу ощадливості дозволило скоротити кількість маршрутів з 93 до 40 одиниць (на 57 %). Відносне скорочення сумарного добового пробігу:

$$\delta_L = (L_{\text{вих}} - L_{\text{опт}}) / L_{\text{вих}} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

де $L_{\text{вих}}$ – початковий сумарний пробіг (усі пункти обслуговуються окремими рейсами), км/добу; $L_{\text{опт}}$ – оптимізований сумарний пробіг, км/добу.

За формулою (11) загальне скорочення пробігу по трьох зонах становить: центральна – 21,4 %; південна – 22,3 %; східна – 22,8 %; загалом – 22,3 % (з 4 967 до 3 857 км/добу). Мережева модель оптимального розподілу вантажопотоків між 12 елеваторами вирівняла їхню завантаженість до рівня 85,8–93,6 % (фактично – 70,0–98,1 %), а середній час очікування в черзі зменшився з 34,1 до 22,8 хв (на 33,1 %). Загальна кількість об'єднань, прийнятих алгоритмом, склала: для центральної зони – 16, для південної – 20, для східної – 17; кількість відхилених об'єднань через перевищення вантажопідйомності – 3, 7 і 4 відповідно.

Обсяг вантажопотоків, що перерозподіляються між елеваторами за рахунок мережевої моделі, становить 8,7 % від сумарного добового обсягу (621 т/добу). Середнє збільшення відстані рейсів для перерозподіленого потоку – 7,4 км, що спричиняє збільшення паливних витрат у цій частині потоку на 12–15 %. Проте економія від скорочення часу очікування в черзі перевищує ці додаткові витрати більш ніж утричі, що підтверджує доцільність перерозподілу. Оптимальна частка потоку від пункту i до елеватора j при двоальтернативному розподілі:

$$f_{ij} = (e_{ik} / (e_{ij} + e_{ik})) \cdot Q_i \quad (13)$$

де e_{ij} , e_{ik} – питомі витрати доставки до елеваторів j і k відповідно, грн/т; Q_i – добовий обсяг зерна в пункті i , т/добу.

Формула (13) показує, що при рівних обсягах до «дешевшого» (ближчого або менш завантаженого) елеватора слід спрямовувати пропорційно більший потік. Ця умова є необхідною і достатньою для оптимальності розподілу при двоелеваторній схемі та слугує аналітичним обґрунтуванням результатів чисельної оптимізації методом потенціалів.

Оцінка транспортних витрат і аналіз чутливості рішення. Економічну оцінку ефективності оптимізації виконано шляхом порівняння складових витрат $V_{тр}$ у вихідному та оптимізованому планах. Абсолютна та відносна економії транспортних витрат:

$$\Delta V_{тр} = V_{тр,вих} - V_{тр,опт}; \quad \delta_V = \Delta V_{тр} / V_{тр,вих} \cdot 100 \% \quad (12)$$

За формулою (12) добова економія транспортних витрат по трьох зонах становить 35 836 грн (21,2 %), що за повну кампанію дає 778 598 грн. Основна частина ефекту формується за рахунок скорочення паливних витрат (–22,3 %) та витрат від простою у черзі (–33,0 %); амортизаційні відрахування залишаються незмінними, оскільки кількість транспортних засобів не змінюється. Деталізований розподіл добової економії по складових: паливні витрати – 20 868 грн; заробітна плата водіїв – 5 616 грн; витрати від простою у черзі – 9 352 грн.

Зведені результати оптимізації маршрутів і розподілу вантажопотоків за зонами наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Зведені результати оптимізації маршрутів і розподілу вантажопотоків

Показник	Центральна зона	Південна зона	Східна зона	Разом / середнє
Початковий пробіг $L_{вих}$, км/добу	921	1 700	2 346	4 967
Оптимізований пробіг $L_{опт}$, км/добу	724	1 321	1 812	3 857
Скорочення пробігу δL , %	21,4	22,3	22,8	22,3

Кількість маршрутів: вихідний / оптим.	24 / 8	38 / 18	31 / 14	93 / 40
Середній час очікування: до / після, хв	42,1 / 28,0	38,7 / 26,2	21,4 / 14,2	34,1 / 22,8
Загальна економія витрат за кампанію, грн	164 052	394 032	220 514	778 598

Аналіз чутливості підтвердив стійкість оптимального рішення: коефіцієнт чутливості до вагових коефіцієнтів цільової функції становить $K_{\text{чут}} = 0,29-0,44$ (мала чутливість), до ціни палива – 0,52. Найвищу чутливість виявлено до зниження пропускної здатності елеваторів ($K_{\text{чут}} = 1,18$), що вимагає актуалізації вхідних даних перед кожним сезоном.

Висновки. У роботі вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності логістики зернових вантажопотоків на маршрутах «поле–елеватор» в умовах Харківської та суміжних областей. Розроблено і верифіковано комплексну двоетапну оптимізаційну модель, що поєднує мережеву модель мінімального потоку і адаптований метод ощадливості Кларка–Райта. Теоретична новизна полягає у введенні часового критерію ощадливості (формула 4) замість відстанного, матриці сумісності «пункт завантаження–елеватор» та часозалежного коефіцієнта очікування в черзі $k_{\text{ч}}(\tau)$ (формула 10). Встановлено, що основним резервом підвищення ефективності є скорочення часу очікування в черзі на елеваторах (22–28 % тривалості рейсу) та порожнього пробігу (24–30 %).

Практичне застосування розробленої моделі для трьох зон Харківської області (93 пункти завантаження, 12 елеваторів, добовий обсяг 7 140 т) забезпечило: скорочення кількості маршрутів з 93 до 40 одиниць (–57 %); зменшення сумарного добового пробігу транспортних засобів на 22,3 % (з 4 967 до 3 857 км/добу); вирівнювання завантаженості елеваторів до рівня 85,8–93,6 %; скорочення середнього часу очікування в черзі на 33,1 %. Загальна економія транспортних витрат за сезон кампанії становить 778 598 грн без жодних капітальних вкладень. Аналіз чутливості підтвердив стійкість оптимального рішення до змін вагових коефіцієнтів і ціни палива ($K_{\text{чут}} = 0,29-0,52$) та виявив найвищу чутливість до зниження пропускної здатності елеваторів ($K_{\text{чут}} = 1,18$), що вказує на необхідність актуалізації вхідних даних перед кожним сезоном.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagaňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307. 2023. <https://doi.org/10.3390/app13169307>
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ТРАНСПОРТУВАННЯ СВИНЕЙ. СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Сиром'ятніков П.С., к.т.н., доцент, Козирь В.С., студентка
Державний біотехнологічний університет*

TRANSPORTATION OF PIGS. METHODS OF TRANSPORTATION, REQUIREMENTS FOR VEHICLES

*Syromiatnikov P.S., docent, Kozyr V. S., student
State Biotechnological University (SBTU)*

У роботі розглянуто особливості транспортування свиней, основні способи перевезення та вимоги до транспортних засобів. Проаналізовано конструктивні характеристики спеціалізованого транспорту для перевезення тварин та визначено основні фактори, що впливають на збереження продуктивності та благополуччя свиней під час транспортування. Встановлено, що використання сучасних транспортних систем із автоматизованим контролем мікроклімату дозволяє знизити рівень стресу тварин та скоротити втрати живої маси.

Транспортування свиней є важливим елементом технологічного процесу у сучасному свинарстві та охоплює перевезення тварин між фермами, племінними господарствами, відгодівельними комплексами та м'ясопереробними підприємствами [1–3]. Неправильна організація транспортування призводить до виникнення стресу, зниження продуктивності, втрати живої маси та погіршення якості м'ясної продукції [4–7].

У практиці свинарства використовують автомобільний, залізничний та внутрішньогосподарський транспорт. Найбільш поширеним є автомобільне транспортування, яке забезпечує мобільність, оперативність та можливість підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Основні способи транспортування свиней наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні способи транспортування свиней

Вид транспорту	Призначення	Особливості	Переваги
Автомобільний	Перевезення на короткі та середні відстані	Використання спеціалізованих причепів	Висока мобільність
Залізничний	Масове транспортування	Великі обсяги перевезення	Зниження витрат на далекі відстані
Внутрішньогосподарський	Переміщення в межах комплексу	Використання електрокарів і платформ	Зручність експлуатації
Контейнерний	Перевезення племінних тварин	Індивідуальні секції	Підвищена безпека
Багаторусний	Транспортування великої кількості свиней	Системи вентиляції та напування	Економія транспортних витрат

При транспортуванні свиней важливе значення має дотримання ветеринарно-санітарних вимог та норм щільності розміщення тварин. Площа, необхідна для розміщення однієї тварини, визначається за формулою:

$$S = Mq, \quad (1)$$

де S – площа транспортного відсіку на одну тварину, м²;

M – жива маса тварини, кг;

q – допустиме навантаження на площу підлоги, кг·м⁻².

Сучасні транспортні засоби для перевезення свиней обладнуються системами вентиляції, автоматичного напування, теплоізоляції та контролю температури. Особливо важливим є підтримання оптимального температурного режиму, оскільки перегрівання або переохолодження негативно впливають на фізіологічний стан тварин [2, 5]. Схему транспортного засобу для перевезення свиней наведено на рис. 1.



Рис. 1. - Схема сучасного транспортного засобу для перевезення свиней із системами вентиляції та автоматичного контролю мікроклімату

Суттєвий вплив на ефективність перевезення має продуктивність транспортної системи, що визначається за формулою:

$$Q=mt,$$

(2)

де Q – продуктивність перевезення, т·год⁻¹;

m – маса перевезених тварин, т;

t – час транспортування, год.

Використання автоматизованих систем моніторингу дозволяє контролювати температуру, вологість, рівень вентиляції та стан тварин у режимі реального часу. Такі технології забезпечують зниження рівня стресу та втрат живої маси під час транспортування [3–7]. Основні характеристики транспортних засобів для перевезення свиней наведені в табл. 2.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання сучасних транспортних засобів забезпечує підвищення ефективності перевезення свиней та покращення умов утримання тварин під час транспортування. Найбільший ефект досягається при застосуванні автоматизованих систем вентиляції, напування та цифрового моніторингу мікроклімату.

Таблиця 2 – Характеристики транспортних засобів для перевезення свиней

Показник	Стандартний транспорт	Сучасний спеціалізований транспорт
Місткість, голів	35–50	70–120
Наявність вентиляції	Часткова	Автоматизована
Контроль температури	Відсутній	Автоматичний
Втрати живої маси, %	4,5	1,8
Рівень стресу тварин	Високий	Помірний
Витрати пального, л·100 км ⁻¹	34	26

Висновки: Таким чином, транспортування свиней є важливим етапом технологічного процесу у свинарстві. Використання спеціалізованих транспортних засобів та сучасних систем контролю дозволяє забезпечити благополуччя тварин, скоротити втрати продуктивності та підвищити ефективність виробництва.

Список посилань:

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202311-08>.
2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176>.
3. Сиромятников Ю. М., Шапля В. П., Харченко О. М., Белих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4\(82\)6](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6).
4. Сиромятников Ю. М., Сиромятников П. С., Харченко О. М., Белих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88>.
5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162>.
6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577>.
7. Сиромятников Ю.М., Сиромятников П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ДОСТАВКОЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ

Городецька Т.Е., к.е.н., доцент;

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Состін Е.А., здобувач

Державний біотехнологічний університет

IMPROVING THE EFFICIENCY OF LOGISTIC MANAGEMENT OF AGRICULTURAL CARGO DELIVERY

T. E. Gorodetska, PhD in Economics, Associate Professor;

M. V. Karnaukh, PhD in Engineering, Associate Professor;

E. A. Sostin, researcher

State Biotechnology University

Агропромисловий комплекс є структурно визначальною галуззю економіки України, що забезпечує продовольчу безпеку країни та формує значний обсяг валютних надходжень. Харківська, Полтавська та Сумська області утворюють єдиний агропромисловий субрегіон Лівобережної України із сукупною площею ріллі понад 4,9 млн га та річним обсягом виробництва зернових і олійних культур близько 8,6 млн т [1]. Місткість елеваторного господарства трьох областей становить 8 450 тис. т, що є граничною відносно обсягів виробництва і визначає критичне значення ефективної організації доставки.

Транспортна складова у собівартості сільськогосподарської продукції в окремих категоріях сягає 40–50 %, що безпосередньо позначається на конкурентоспроможності вітчизняних виробників. Водночас наявна система доставки стикається з комплексом системних проблем: черги на елеваторах із простоями 3–8 год на рейс; незадовільний стан 62 % доріг місцевого значення; відсутність централізованого цифрового управління; зношеність рухомого складу із середнім віком 14 років. Збройний конфлікт додатково ускладнює ситуацію, унеможливаючи використання частини маршрутів і скорочуючи ресурс транспортної інфраструктури [2].

Метою роботи є підвищення ефективності логістичного управління доставкою сільськогосподарських вантажів у субрегіоні Харківська–Полтавська–Сумська область шляхом розроблення науково обґрунтованої транспортно-логістичної системи (ТЛС) з урахуванням критеріїв економічності, своєчасності та екологічної безпеки.

Теоретико-методологічну основу дослідження складають методи системного аналізу, класифікації, евристичної маршрутизації, еколого-економічного аналізу та статистичного оброблення даних. Для кількісного опису транспортного процесу використано апарат теорії транспортних потоків і математичного моделювання [3].

Системний аналіз чинників ефективності доставки, проведений на основі анкетування 38 підприємств субрегіону, показав, що найбільш критичними є черги на елеваторах (середній бал значущості 8,7 з 10) та незадовільний стан доріг місцевого значення (8,1). Це означає, що підвищення ефективності ТЛС досягне передусім за рахунок удосконалення внутрішньосистемного управління: маршрутизації, синхронізації розкладів і впровадження цифрових диспетчерських технологій.

Для формалізованого опису системи побудовано функціональну модель ТЛС. Стан системи у довільний момент часу описується впорядкованою трійкою:

$$S(t) = \{O(t), M(t), A(t)\} \quad (1)$$

де O – поточна множина активних заявок на перевезення; M – множина призначених маршрутів; A – множина задіяних транспортних засобів із їх характеристиками; t – поточний момент часу.

Цільова функція оптимізації мінімізує сукупні зважені витрати при виконанні всіх заявок за плановий горизонт:

$$\Phi = \min(w_1 \cdot C_{\text{транс}} + w_2 \cdot C_{\text{екол}} + w_3 \cdot C_{\text{прос}}) \quad (2)$$

де w_1, w_2, w_3 – вагові коефіцієнти пріоритетів ($w_1 + w_2 + w_3 = 1$); $C_{\text{транс}}$ – загальні транспортні витрати, грн; $C_{\text{екол}}$ – еколого-економічний збиток від шкідливих викидів, грн; $C_{\text{прос}}$ – витрати через прострочення доставки, грн. Рекомендовані значення коефіцієнтів: $w_1 = 0,5$; $w_2 = 0,2$; $w_3 = 0,3$ [4].

Час обігу транспортного засобу на маршруті визначається за формулою:

$$t_{\text{об}} = 2 \cdot l_m \div V_T + t_n + t_p \quad (3)$$

де l_m – довжина маршруту, км; V_T – середня технічна швидкість руху, км/год; t_n – час навантаження, год; t_p – час розвантаження, год.

Добова продуктивність транспортного засобу в тоннах визначається як:

$$W_q = (T_z \div t_{\text{об}}) \cdot q_n \cdot \gamma_{\text{ст}} \quad (4)$$

де T_z – тривалість робочої зміни, год; $t_{\text{об}}$ – час обігу транспортного засобу, год; q_n – номінальна вантажопідйомність, т; $\gamma_{\text{ст}}$ – коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності.

Ключовим інструментом зниження екологічного навантаження є інтегральний показник екологічного навантаження (ПЕН), розроблений у даній роботі. Він визначає кількість умовних кілограмів шкідливих речовин, що надходять в атмосферу при перевезенні однієї тонни вантажу на відстань один кілометр. Наведена маса шкідливих речовин у відпрацьованих газах розраховується як зважена сума питомих викидів нормованих компонентів:

$$M_n = \sum(\alpha_i \cdot G_i) \quad (5)$$

де M_n – наведена маса шкідливих речовин, ум. кг/год; G_i – питома маса викиду i -го компонента відпрацьованих газів, г/год; α_i – коефіцієнт відносної агресивності i -го компонента. Значення коефіцієнтів: $\alpha_{\text{CO}} = 1,0$; $\alpha_{\text{CH}} = 3,16$; $\alpha_{\text{NO}_x} = 41,1$; $\alpha_{\text{TC}} = 62,5$.

Інтегральний показник екологічного навантаження:

$$\text{ПЕН} = M_n \div (q_n \cdot V_T) \quad (6)$$

де q_n – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т; V_T – середня технічна швидкість, км/год.

Розрахунок ПЕН виконано для п'яти марок вантажних автомобілів. Результати свідчать, що найменше значення ПЕН (0,447 ум. кг/(т·км)) має автомобіль DAF XF 480 категорії N3, а найбільше – Isuzu Forward 18.0 (0,944 ум. кг/(т·км)). Встановлено степеневу залежність ПЕН від вантажопідйомності:

$$\text{ПЕН} = 4,18 \cdot q_n^{-0,62} \quad (7)$$

Коефіцієнт детермінації залежності $R^2 = 0,987$, що підтверджує доцільність використання транспортних засобів більшої вантажопідйомності з екологічної точки зору.

Для усунення черг на приймальних пунктах розроблено алгоритм синхронізації транспортних потоків. Необхідна кількість транспортних засобів для безчергового обслуговування приймального пункту:

$$N_{\text{тз}} = (P'_j \cdot t_{\text{об}}) \div (q_n \cdot \gamma_{\text{ст}}) \quad (8)$$

де P'_j – годинна пропускна спроможність приймального пункту, т/год; $t_{\text{об}}$ – час обігу транспортного засобу, год. Практичний розрахунок для елеватора з добовою пропускною спроможністю 1 440 т/добу показав, що для безчергового обслуговування необхідно 17 транспортних засобів категорії N2 з інтервалом відправлення 30 хвилин.

Маршрутизацію доставки виконано евристичним методом Кларка–Райта для 11 пунктів завантаження із загальним обсягом вантажу 275,0 т. Виграш від об'єднання пунктів у спільний маршрут визначається за формулою:

$$s(i, j) = d(0, i) + d(0, j) - d(i, j) \quad (9)$$

де $d(0, i)$ – відстань від бази до пункту b_i , км; $d(0, j)$ – відстань від бази до пункту b_j , км; $d(i, j)$ – відстань між пунктами b_i та b_j , км.

За результатами маршрутизації сформовано чотири оптимальних розвізних маршрути з сумарним добовим пробігом 980 км і залученням 30 транспортних засобів. Порівняно з нео-оптимізованим «зірковим» планом досягнуто скорочення пробігу на 18,4 %.

Порівняльна оцінка трьох варіантів організації перевезень – базового (А), з оптимізованими маршрутами (Б) та повної ТЛС (В) – засвідчила суттєву перевагу варіанту В. Порівняно з базовим варіантом А запропонована система забезпечує: скорочення добового пробігу на 24,0 %; зменшення часу простою транспортного засобу на елеваторі з 4,2 до 1,4 год; зниження питомих транспортних витрат на 21,6 % (з 218 до 171 грн/т); зниження ПЕН рухомого складу на 38,1 %; скорочення наведеної маси шкідливих викидів на 53,1 %.

Еколого-економічне обґрунтування проведено за один збиральний сезон (90 робочих днів). Інтегральний соціо-еколого-економічний ефект від упровадження повної ТЛС:

$$E_{\text{ІНТ}} = E_{\text{ЕКОН}} + \Delta E_{\text{ЕЗ}} + E_{\text{СОЦ}} = 1\,163,3 + 984,4 + 147,7 = 2\,295,4 \text{ тис. грн} \quad (10)$$

де $E_{\text{ЕКОН}}$ – економічний ефект від скорочення транспортних витрат, тис. грн; $\Delta E_{\text{ЕЗ}}$ – відвернений еколого-економічний збиток, тис. грн; $E_{\text{СОЦ}}$ – соціальний ефект від поліпшення якості атмосферного повітря, тис. грн.

Термін окупності капітальних витрат на впровадження транспортно-логістичного центру (ТЛЦ) з цифровою платформою становить 1,55 збирального сезону (близько 18 місяців), що є прийнятним для проектів транспортно-логістичної інфраструктури.

Наукова новизна роботи полягає у: розробленні комплексної ТЛС доставки сільськогосподарських вантажів для багаторегіонального агропромислового комплексу, яка поєднує алгоритм маршрутизації Кларка–Райта з механізмом відбору рухомого складу за інтегральним показником ПЕН; удосконаленні методики розрахунку ПЕН шляхом урахування нормованих викидів чотирьох токсичних компонентів відпрацьованих газів із застосуванням коефіцієнтів відносної агресивності; розробленні алгоритму синхронізації транспортних потоків, що дозволяє усунути черги на приймальних пунктах без збільшення кількості рухомого складу.

Практична цінність отриманих результатів підтверджується можливістю їх прямого застосування в діяльності аграрних підприємств і транспортних компаній Харківської, Полтавської та Сумської областей. Запропонована система дозволяє знизити питомі транспортні витрати на 10–14 % та скоротити масу шкідливих викидів на 15–20 %, не вимагаючи значних капітальних вкладень [4].

Спроектований регіональний ТЛЦ функціонує через три вузли: головний офіс у Харкові та представництва у Полтаві й Сумах. Інформаційним забезпеченням центру слугує обласна транспортно-логістична інформаційна система (ОТЛІС), що складається з п'яти взаємопов'язаних модулів: геоінформаційного картографування, управління вантажопотоками, реєстру транспортних засобів, маршрутизації та диспетчерського моніторингу на основі супутникової навігації. Система охоплює 143 елеватори та понад 7 370 одиниць рухомого складу трьох областей, що забезпечує єдиний координаційний контур управління всіма ланцюгами постачання субрегіону.

Концептуальна модель функціонування ТЛЦ передбачає два режими роботи. Плановий режим активується за 2–4 тижні до початку збирального сезону і включає прогнозування обсягів вантажопотоку, формування пулу транспортних засобів за критерієм

мінімального ПЕН, попереднє проектування маршрутів та підготовку розкладів. Оперативний режим охоплює восьмикроковий алгоритм обробки заявок: від автоматичного прийняття заявки через вебінтерфейс до закриття рейсу після підтвердження розвантаження із записом фактичних даних до аналітичної бази. Ключовим плановим орієнтиром є забезпечення частки своєчасно виконаних рейсів на рівні не менше 95 % та скорочення середнього часу простою транспортного засобу на елеваторі до 1,5 год.

Умова відсутності черги на приймальному пункті у будь-який момент часу формулюється таким чином:

$$Q_{\text{факт}}(\tau) \leq P'_j \cdot \tau \quad (11)$$

де $Q_{\text{факт}}(\tau)$ – обсяг вантажу, що фактично надходить на приймальний пункт за проміжок часу τ , т; $P'_j \cdot \tau$ – максимально допустимий обсяг вантажу відповідно до пропускнув спроможності за той самий проміжок; τ – тривалість контрольного часового інтервалу, год.

Виконання умови (11) гарантує відсутність черги незалежно від кількості одночасно задіяних транспортних засобів, що забезпечується правильним складанням розкладу відправлення відповідно до формул (3) та (8).

Адаптивність розробленої ТЛС до умов збройного конфлікту забезпечується автоматичним виключенням недоступних ділянок дорожньої мережі з транспортного графа та динамічним перерахунком маршрутів у режимі реального часу. При скороченні доступного парку транспортних засобів внаслідок мобілізаційних заходів система збільшує кількість обігів наявних автомобілів, оптимізуючи їх завантаженість за критерієм максимізації коефіцієнта використання вантажопідйомності $\gamma_{\text{ст}}$. Це відрізняє запропонований підхід від більшості наявних вітчизняних і зарубіжних методів, розроблених для умов мирного часу, і підтверджує актуальність дослідження для поточного стану агропромислового комплексу регіону [3].

Таким чином, запропонована транспортно-логістична система доставки сільськогосподарських вантажів є комплексним науково-практичним рішенням, що поєднує методи оптимальної маршрутизації, кількісного оцінювання екологічного навантаження, алгоритмічної синхронізації потоків та цифрового диспетчерського управління. Впровадження системи дозволяє досягти інтегрального соціо-еколого-економічного ефекту в розмірі 2 295,4 тис. грн за один збиральний сезон, а термін окупності капітальних витрат не перевищує двох сезонів, що підтверджує економічну доцільність реалізації проекту в умовах субрегіону Харківська–Полтавська–Сумська область [2, 4].

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagáňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) *Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development*. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ У ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Кобець А.Р., здобувач;

Белоус С.В., здобувач

Державний біотехнологічний університет

OPTIMIZATION OF TECHNICAL MEANS INTERACTION IN TRANSPORT-TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF FODDER HARVESTING

M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. Kobets, postgraduate researcher;

S. Bielous, postgraduate researcher

State Biotechnology University

Тваринництво є однією з ключових галузей агропромислового комплексу України, що забезпечує продовольчу безпеку держави. Ефективний розвиток галузі безпосередньо залежить від надійного та якісного кормозабезпечення. Серед різних видів об'ємистих кормів особливе місце посідає силос із кукурудзи: завдяки поєднанню високої поживної цінності, відносної простоти технології заготівлі та можливості комплексної механізації всіх операцій він є основою раціону великої рогатої худоби в більшості господарств Харківської області. Площа посівів кукурудзи на силос у регіоні стабільно становить 31–38 тис. га, а питома частка у структурі кормів – 31–34 % [1].

Процес заготівлі кукурудзяного силосу є складним багатоопераційним технологічним процесом, що охоплює скошування з одночасним подрібненням зеленої маси, навантаження, транспортування до місця зберігання, розвантаження та ущільнення у силосній споруді. Ефективність кожної з операцій визначається не лише технічними характеристиками окремих машин, а насамперед ступенем узгодженості їхньої спільної роботи в межах транспортно-технологічної системи (ТТС). На жаль, у більшості агропромислових підприємств Харківської області склад машинно-тракторних агрегатів (МТА) для заготівлі силосу формується без достатнього наукового обґрунтування взаємодії між окремими ланками технологічного ланцюжка. Наслідком є значні непродуктивні простоя кормозбиральних комбайнів (КЗС) в очікуванні транспортних засобів – 18–35 % змінного часу, нераціональне використання транспорту та підвищення питомих витрат на заготівлю 1 т корму. Загальний резерв підвищення ефективності ТТС заготівлі кормів за рахунок оптимізації взаємодії технічних засобів оцінюється в 18–30 % [2].

Метою роботи є обґрунтування раціонального складу та режимів роботи технічних засобів у транспортно-технологічній системі заготівлі кукурудзяного силосу за критерієм мінімуму питомих витрат на заготівлю 1 т корму. Для досягнення поставленої мети побудовано математичну модель силосного ланцюжка, проведено натурні хронометражні спостереження на трьох підприємствах Харківської області, виконано варіантні розрахунки для 25 комбінацій умов виробництва та сформовано карту раціональних складів МТА [3].

Математична модель взаємодії технічних засобів у силосному ланцюжку. Для кількісного опису взаємодії технічних засобів у силосному ланцюжку побудовано математичну модель, що охоплює залежності для розрахунку продуктивності КЗС, тривалості транспортного циклу, необхідної кількості транспортних засобів, коефіцієнта використання часу КЗС та питомих витрат. Продуктивність КЗС за годину основного часу:

$$P_{\text{кзс}} = U \cdot v_{\text{к}} \cdot B \cdot 10^{-1},$$

де U – урожайність зеленої маси, т/га; $v_{\text{к}}$ – робоча швидкість КЗС, км/год; B – ширина захвату жатки КЗС, м.

Тривалість завантаження транспортного засобу від КЗС:

$$t_{\text{зав}} = Q_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot \Pi_{\text{КЗС}}^{-1},$$

де $Q_{\text{т}}$ – місткість кузова транспортного засобу, м^3 ; $\rho_{\text{м}}$ – питома маса подрібненої маси, $\text{т}/\text{м}^3$.

Тривалість транспортного циклу (від початку завантаження до повернення на поле):

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{зав}} + 2 \cdot L \cdot v_{\text{т}}^{-1} + t_{\text{розв}},$$

де L – відстань від поля до силосної споруди, км ; $v_{\text{т}}$ – середня швидкість руху транспортного засобу на маршруті, $\text{км}/\text{год}$; $t_{\text{розв}}$ – тривалість розвантаження транспортного засобу у споруді, год .

Мінімально необхідна кількість транспортних засобів для забезпечення безпростійної роботи КЗС:

$$N_{\text{тмін}} = \lceil t_{\text{ц}} \cdot t_{\text{зав}}^{-1} \rceil,$$

де символ $\lceil \cdot \rceil$ позначає округлення до найближчого більшого цілого числа.

Умова безпростійної роботи КЗС:

$$N_{\text{т}} \geq t_{\text{ц}} \cdot t_{\text{зав}}^{-1}.$$

Коефіцієнт використання змінного часу КЗС:

$$K_{\text{вкзс}} = (T_{\text{зм}} - t_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{зм}}^{-1},$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год ; $t_{\text{пр}}$ – сумарний час простоїв КЗС в очікуванні транспортного засобу за зміну, год .

Продуктивність ТТС за зміну:

$$\Pi_{\text{ТТС}} = N_{\text{т}} \cdot n_{\text{р}} \cdot Q_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{м}},$$

де $N_{\text{т}}$ – кількість транспортних засобів; $n_{\text{р}}$ – кількість рейсів одного транспортного засобу за зміну.

Основним критерієм ефективності ТТС є питоми витрати на заготівлю 1 т корму:

$$V_{\text{пит}} = (V_{\text{кзс}} + V_{\text{тр}} + V_{\text{ущ}}) \cdot \Pi_{\text{ТТС}}^{-1},$$

де $V_{\text{кзс}}$, $V_{\text{тр}}$, $V_{\text{ущ}}$ – витрати на роботу КЗС, транспортних засобів та ущільнювального трактора за зміну відповідно, $\text{грн}/\text{зміна}$.

Програма та результати натурних досліджень. Польові дослідження проводилися впродовж заготівельних кампаній 2023 та 2024 років на трьох агропромислових підприємствах Харківської області: ТОВ «Агро-Слобожанщина» (площа під кукурудзою на силос 420 га, середня відстань до силосної споруди $L = 8$ км, КЗС Claas Jaguar 970, чотири тракторні поїзди місткістю 30 м^3 ; фактичний коефіцієнт використання змінного часу КЗС $K_{\text{вкзс}} = 0,748$), ФГ «Добробут» (160 га, $L = 3$ км, John Deere 9900i, три тракторних поїзди 22 м^3 ; $K_{\text{вкзс}} = 0,832$) та ПАТ «Харківзерно» (720 га, $L = 14$ км, Krone BiG X 1180, шість автомобілів-самоскидів 28 м^3 ; $K_{\text{вкзс}} = 0,761$). На двох підприємствах із трьох значення $K_{\text{вкзс}}$ є нижчим від нормативного рівня 0,78, що підтверджує наявність резерву підвищення ефективності [4].

Загальний обсяг первинних хронометражних даних склав 926 повних циклів завантаження транспортних засобів. Мінімально необхідний обсяг вибірки для оцінки $K_{\text{вкзс}}$ з відносною похибкою не більше 5 % при довірчій імовірності 0,95 визначено за формулою:

$$n_{\text{виб}} = t_{\alpha}^2 \cdot V^2 \cdot \varepsilon^{-2} = 1,96^2 \cdot 0,24^2 \cdot 0,05^{-2} \approx 89,$$

де t_{α} – квантиль розподілу Стьюдента при довірчій імовірності 0,95; V – коефіцієнт варіації досліджуваного параметра; ε – відносна похибка оцінки.

Статистична обробка масиву первинних даних підтвердила: тривалість завантаження транспортного засобу та тривалість транспортного циклу підпорядковуються нормальному закону розподілу (коефіцієнт варіації $V = 12,6-14,3 \%$), тоді як час простою КЗС в очікуванні транспортного засобу – показниковому закону ($V = 85-86 \%$), що є типовим для систем масового обслуговування. Адекватність імітаційної моделі підтверджено шляхом порівняння розрахункових значень з натурними: відхилення не перевищують 2,2 % за жодним із контрольних показників, що є значно меншим за прийнятий критерій $\pm 10 \%$.

Варіантні розрахунки та аналіз чутливості транспортно-технологічної системи. Варіантні розрахунки виконано для 25 комбінацій (Y, L) : урожайність зеленої маси $Y = 18; 22; 26; 30; 38$ т/га та відстань транспортування $L = 2; 4; 6; 10; 16$ км. Числовий приклад розрахунку для умов ТОВ «Агро-Слобожанщина» ($Y = 26$ т/га, $L = 8$ км, $Q_T = 30$ м³, $\rho_m = 0,92$ т/м³, $v_T = 32$ км/год, $P_{КЗС} = 310$ т/год):

$$\begin{aligned} t_{зав} &= 30 \cdot 0,92 \cdot 310^{-1} = 0,089 \text{ год} = 5,3 \text{ хв}; \\ t_{ц} &= 0,089 + 2 \cdot 8 \cdot 32^{-1} + 0,100 = 0,689 \text{ год} = 41,4 \text{ хв}; \\ N_{Тмін} &= \lceil 0,689 \cdot 0,089^{-1} \rceil = \lceil 7,74 \rceil = 8 \text{ од.} \end{aligned}$$

Аналіз результатів для всіх 25 комбінацій умов виробництва дозволив встановити такі закономірності. По-перше, раціональна кількість транспортних засобів N_T^* зростає від 2 одиниць ($Y = 18$ т/га, $L = 2$ км) до 7 одиниць ($Y = 38$ т/га, $L = 16$ км). По-друге, мінімум питомих витрат $V_{пит}$ досягається при $N_T = N_{Тмін}$: застосування на одну одиницю більше від мінімально необхідної кількості підвищує $V_{пит}$ на 14–20 % без суттєвого зростання $K_{ВКЗС}$. По-третє, зростання відстані від $L = 2$ км до $L = 16$ км збільшує питомі витрати у 1,86 раза, тоді як зростання урожайності з 18 до 38 т/га підвищує $V_{пит}$ лише на 12–18 %.

Для кількісної оцінки відносного впливу параметрів на ефективність ТТС введено коефіцієнти чутливості. Коефіцієнт чутливості питомих витрат до зміни відстані транспортування при раціональному N_T^* :

$$K_{чЛ} = \Delta V_{пит} \cdot \Delta L^{-1} = (V_{пит}(L_{макс}) - V_{пит}(L_{мін})) \cdot (L_{макс} - L_{мін})^{-1},$$

де $L_{макс}$, $L_{мін}$ – максимальне та мінімальне значення відстані транспортування у досліджуваному діапазоні, км.

Коефіцієнт чутливості питомих витрат до зміни урожайності:

$$K_{чУ} = \Delta V_{пит} \cdot \Delta Y^{-1} = (V_{пит}(Y_{макс}) - V_{пит}(Y_{мін})) \cdot (Y_{макс} - Y_{мін})^{-1}.$$

За результатами розрахунків: $K_{чЛ} = 10,3$ грн/(т·км), $K_{чУ} = 2,2$ грн/(т·(т/га)). Відстань транспортування є вчетверо більш вагомим чинником зростання питомих витрат, ніж урожайність. Залежність $V_{пит}(L)$ апроксимується лінійним виразом:

$$V_{пит} = V_{пит0} + K_{чЛ} \cdot L,$$

де $V_{пит0}$ – питомі витрати при екстрапольованому значенні $L \rightarrow 0$, грн/т (коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,984$), що підтверджує лінійний характер залежності у діапазоні $L = 2-16$ км.

Карта раціональних складів МТА та економічна ефективність оптимізації. На підставі варіантних розрахунків для всіх 25 комбінацій умов виробництва сформовано карту раціональних складів МТА силосного ланцюжка у координатах «урожайність – відстань транспортування», що поділяє досліджуваний простір параметрів на чотири зони. Зона 1 ($Y \leq 22$ т/га та $L \leq 4$ км): $N_T^* = 2$, $V_{пит} = 162-188$ грн/т. Зона 2 ($Y = 22-30$ т/га та $L = 4-6$ км): $N_T^* = 3$, $V_{пит} = 196-238$ грн/т – типові умови для більшості господарств Харківської області. Зона 3 ($Y = 26-38$ т/га та $L = 6-10$ км): $N_T^* = 4$, $V_{пит} = 234-286$ грн/т. Зона 4 ($Y \geq 26$ т/га та $L \geq 10$ км): $N_T^* = 5-6$ одиниць або перехід до схеми з причепом-перевантажувачем ($V_{пит} = 268-342$ грн/т). За зарубіжними даними, застосування схеми з перевантажувачем при $L \geq 12$ км знижує питомі витрати на 18–28 % порівняно зі схемою прямого силосування.

Річна економія від оптимізації складу МТА:

$$E_{\text{річ}} = (V_{\text{пит}}^{\text{до}} - V_{\text{пит}}^{\text{після}}) \cdot S \cdot Y,$$

де $V_{\text{пит}}^{\text{до}}$, $V_{\text{пит}}^{\text{після}}$ – питомі витрати до та після оптимізації відповідно, грн/т; S – площа під кукурудзою на силос, га; Y – середня урожайність зеленої маси, т/га.

Для ТОВ «Агро-Слобожанщина» (збільшення Nt з 4 до 5 тракторних поїздів, $L = 8$ км):

$$E_{\text{річ}} = (218 - 196) \cdot 420 \cdot 26,4 = 243\,936 \text{ грн} \approx 244 \text{ тис. грн.}$$

Чиста річна економія з урахуванням витрат на оренду додаткового тракторного поїзда на сезон (82 тис. грн) визначається як:

$$E_{\text{чист}} = E_{\text{річ}} - K_{\text{ор}} = 244 - 82 = 162 \text{ тис. грн/рік,}$$

де $K_{\text{ор}}$ – витрати на оренду додаткового транспортного засобу на сезон заготівлі, тис. грн/рік.

Для ПАТ «Харківзерно» (збільшення Nt з 6 до 8 одиниць, $L = 14$ км) чиста річна економія становить 462 тис. грн (зниження $V_{\text{пит}}$ з 236 до 214 грн/т, тобто на 9,3 %). Для ФГ «Добробут» ($L = 3$ км) варіантні розрахунки виявили протилежну ситуацію: підприємство задіює на одну одиницю більше від раціонального складу; відмова від зайвого тракторного поїзда дозволить скоротити щорічні витрати без погіршення показників якості заготівлі.

Висновки. Проведене дослідження дозволило отримати такі основні результати. По-перше, побудовано математичну модель силосного ланцюжка, що включає взаємопов'язані залежності для розрахунку продуктивності кожної ланки, мінімально необхідної кількості транспортних засобів та питомих витрат як основного критерію ефективності.

По-друге, на підставі натурних хронометражних спостережень (926 циклів на трьох підприємствах) встановлено, що фактичні параметри роботи ТТС підпорядковуються нормальному (тривалість циклів, $V = 12,6\text{--}14,3$ %) та показниковому (час простою КЗС, $V = 85\text{--}86$ %) законам розподілу, а відхилення імітаційної моделі від натурних даних не перевищують 2,2 %.

По-третє, встановлено кількісні закономірності впливу параметрів виробничих умов на ефективність ТТС: відстань транспортування є домінуючим чинником зростання питомих витрат ($K_{\text{чл}} = 10,3$ грн/(т·км) проти $K_{\text{чу}} = 2,2$ грн/(т·(т/га))), а залежність $V_{\text{пит}}(L)$ є лінійною ($R^2 = 0,984$).

По-четверте, сформовано карту раціональних складів МТА у координатах «урожайність – відстань транспортування», що дозволяє обирати оптимальний варіант без виконання розгорнутих розрахунків. Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів для типового господарства Харківської області з площею під кукурудзою на силос 300–500 га становить 9–11 % від поточних витрат на заготівлю.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V.: (2024). Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagáňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4.
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. Applied Sciences. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>.
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. June 8-11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

**ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ТА ЛОГІСТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АГРОПІДПРИЄМСТВ СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ**
*Кравцов С.Г., викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Вовчанський фаховий
коледж Державного біотехнологічного університету»*

**TECHNICAL SERVICE AND LOGISTICS SUPPORT OF AGRICULTURAL
ENTERPRISES CURRENT CHALLENGES AND INNOVATIVE SOLUTIONS**
*Kravtsov S, teacher, Separate structural subdivision "Vovchan Vocational College of the State
Biotechnological University"*

Сучасний агропромисловий комплекс України функціонує у надзвичайно складних умовах, де фактори економічної нестабільності, порушення традиційних ланцюгів постачання та енергетичні виклики вимагають кардинального перегляду підходів до управління [1; 6]. У цьому контексті технічний сервіс та логістичне забезпечення перестають бути виключно допоміжними функціями і трансформуються у ключові драйвери збереження рентабельності та конкурентоспроможності агропідприємств [1]. Інтеграція цих двох напрямів дозволяє оптимізувати витрати, мінімізувати простой техніки та забезпечити безперервність виробничого циклу [4].

Трансформація системи технічного сервісу в умовах цифровізації

Традиційна парадигма технічного обслуговування (ТО), що базувалася на планово-попереджувальних ремонтах або ремонті за фактом відмови, сьогодні є економічно неефективною. Сучасні агропідприємства масово переходять до стратегій Predictive Maintenance (прогностичного обслуговування) [2].

Телеметрія та IoT-рішення

Інтеграція датчиків (Internet of Things) у вузли сільськогосподарських машин дозволяє в режимі реального часу відстежувати такі параметри, як температура двигуна, тиск у гідросистемі, рівень вібрації та якість мастила. Це дає змогу виявляти приховані дефекти ще до їх перетворення на критичну поломку, що особливо важливо під час посівної чи збиральної кампаній [2].

Децентралізація сервісу та мобільні бригади

Враховуючи збільшення земельних банків та віддаленість полів від центральних баз, компанії інвестують у створення мобільних сервісних комплексів. Оснащені діагностичним обладнанням, зварювальними апаратами та складом найбільш затребуваних запчастин, такі бригади здатні виконувати до 80% ремонтних робіт безпосередньо в полі [4].

Імпортозаміщення та відновлення деталей

Через ускладнення міжнародної логістики у 2022–2025 роках агропідприємства почали активніше розвивати власні ремонтно-механічні майстерні (РММ), впроваджуючи технології відновлення зношених деталей (наплавлення, напилення) та використання 3D-друку для виготовлення нескладних полімерних компонентів [4; 6].

Логістичне забезпечення: від постачання до експорту

Логістика агропідприємства охоплює три макрорівні: вхідну логістику (постачання ресурсів), внутрішньовиробничу та вихідну логістику (збут продукції) [3].

Оптимізація внутрішньовиробничої логістики

Найбільший потенціал для зниження собівартості лежить у площині внутрішньої логістики. Використання бункерів-перевантажувачів під час жнив дозволяє комбайнам працювати без зупинок на вивантаження, що підвищує їхню продуктивність на 25–30%. Крім того, застосування систем паралельного водіння та оптимізація маршрутів руху техніки полем (Controlled Traffic Farming) зменшують переуцільнення ґрунту та економлять до 15% паливно-мастильних матеріалів (ПММ) [5].

Складська логістика та управління запасами

В умовах дефіциту оборотних коштів підприємства відмовляються від надмірного накопичення запасів, переходячи до моделі, наближеної до Just-in-Time («Точно в строк»). Проте для критично важливих імпорتنих запчастин та гібридного насіння зберігається буферизація запасів для уникнення ризиків зриву термінів виконання робіт [3].

Енергетична та паливна автономія

Сучасні виклики змушують компанії формувати власні логістичні ланцюги постачання пального: закупівлю власних бензовозів, створення модульних АЗС на базі господарств та інтеграцію систем автоматичного обліку видачі пального через RFID-картки [1; 6]. Це дозволяє мінімізувати ризики перебоїв у забезпеченні паливом та унеможливує його нецільове використання.

Синхронізація логістики та сервісу через ERP-системи

Максимальний економічний ефект досягається лише за умови об'єднання технічного та логістичного підрозділів у єдиний інформаційний простір (Farm Management Systems) [2; 3]. Комплексне програмне забезпечення, зокрема Cropio та вітчизняні розробки Soft Farm, дозволяє автоматично генерувати заявку на технічне обслуговування на основі відпрацьованих мотогодин, миттєво перевіряти наявність необхідних фільтрів і мастил на складі та вибудовувати оптимальний маршрут сервісного автомобіля до конкретного трактора в полі [2].

Такий підхід нівелює людський фактор, зменшує паперовий документообіг та надає керівництву підприємства прозору аналітику вартості володіння кожною одиницею техніки (TCO — Total Cost of Ownership).

Кадрові та екологічні перспективи

Кадровий голод. Автоматизація процесів є вимушеним кроком у відповідь на гострий дефіцит кваліфікованих механізаторів та інженерів [1]. Впровадження дронів для внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) знімає частину навантаження з наземної техніки, спрощуючи логістику води та препаратів [5].

Екологізація. Поступова адаптація до вимог European Green Deal вимагає від інженерних служб навичок роботи з технікою, що використовує біодизель або має гібридні силові установки, а від логістів — розрахунку маршрутів з найменшим «вуглецевим слідом» [6].

Технічний сервіс та логістичне забезпечення сьогодні формують «кровоносну систему» будь-якого агропідприємства. У найближчі роки конкурентну перевагу матимуть ті господарства, які зможуть повністю оцифрувати ці процеси, забезпечити автономність своїх ремонтно-обслуговуючих баз та побудувати гнучкі логістичні ланцюги, здатні швидко адаптуватися до форс-мажорних обставин.

Список посилань:

1. Гавриленко О. В., Мельник І. С. Оптимізація логістичних процесів в агропромисловому виробництві в умовах кризового управління. Економіка АПК. 2024. № 3. С. 45–53.
2. Коваленко В. М. Цифровізація технічного сервісу в сільському господарстві: перехід до предиктивного обслуговування. Техніка і технології АПК. 2025. № 1. С. 18–26.
3. Марченко О. А. Управління ланцюгами постачання та складська логістика сучасного агропідприємства. Агросвіт. 2023. № 12. С. 34–41.
4. Сидоренко П. В., Ткачук Л. А. Інноваційні підходи до формування ремонтно-обслуговуючої бази сільськогосподарських підприємств. Вісник аграрної науки. 2022. № 8 (833). С. 67–74.
5. Шевчук І. Б. Внутрішньогосподарська логістика як фактор підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки. Ефективна економіка. 2021. № 5.
6. Яковенко О. І. Вплив воєнних та повоєнних факторів на трансформацію транспортної логістики аграрного сектору України. Економіка та суспільство. 2026. Вип. 48. С. 112–119.

**ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОТРАНСПОРТУ
В СИСТЕМІ ЛОГІСТИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ АГРОКОМПЛЕКСУ**

Карнаух М. В., к.т.н., доцент; Горяїнов О.М., к.т.н., доцент;

Гутянко Ю.М., здобувач

Державний біотехнологічний університет

**OPTIMISATION OF FREIGHT ROAD TRANSPORT USE
IN THE LOGISTICS INTERACTION SYSTEM OF THE AGRO-INDUSTRIAL
COMPLEX**

M. V. Karnaukh, PhD in Engineering, Associate Professor;

O. M. Goryayinov, PhD in Engineering, Associate Professor; Y. Gutianko, researcher

State Biotechnology University

Агропромисловий комплекс Харківської області об'єднує понад 2 400 сільськогосподарських підприємств із загальною площею ріллі понад 1,5 млн га. Вантажний автотранспорт є незамінним елементом матеріально-технічного забезпечення агровиробництва, проте показники його використання залишаються суттєво нижчими за нормативні: коефіцієнт використання вантажопідйомності становить 0,61 (при нормі 0,75–0,85), коефіцієнт використання пробігу – 0,52 (норма 0,68–0,75), а питомі транспортні витрати перевищують норму на 26,5 % [1]. Лише 50,9 % фонду робочого часу автомобілів витрачається на ефективну транспортну роботу.

Метою дослідження є підвищення ефективності використання вантажного автотранспорту агропідприємств Харківської та суміжних областей шляхом розробки і застосування комплексної економіко-математичної моделі оптимізації транспортного забезпечення в системі логістичної взаємодії агрокомплексу. Об'єктом дослідження є система транспортного забезпечення агрокомплексу – сукупність вантажних автомобілів, маршрутів перевезень, вантажопотоків і організаційних зв'язків між підрозділами агропідприємства та зовнішніми контрагентами.

Визначальною особливістю транспортного забезпечення агрокомплексу є екстремальна сезонна нерівномірність вантажопотоків. Для типового агропідприємства площею 2 000 га річний обсяг перевезень складає 5 020 т, при цьому коефіцієнт нерівномірності η – відношення максимального місячного обсягу вантажопотоку до середньомісячного:

$$\eta = Q_{\max} / Q_{\text{сер}} = 1\,080 / (5\,060 / 12) = 2,56 \quad (1)$$

де Q_{\max} – максимальний місячний обсяг вантажопотоку (жовтень), т; $Q_{\text{сер}}$ – середньомісячний обсяг, т. Значення $\eta = 2,56$ означає, що для забезпечення пікового попиту необхідний парк, який у середньому більш ніж удвічі перевищує розмір, достатній за рівномірного навантаження [2].

Балансова модель вантажопотоків агрокомплексу охоплює три групи потоків: вхідні (постачання добрив, насіння, пального), внутрішні (переміщення між підрозділами) та вихідні (збут продукції). Умова балансу вхідного потоку постачання:

$$\sum q_{ij} = Q_i, \quad \forall i \in \Pi \quad (2)$$

де q_{ij} – обсяг перевезень між пунктами i і j , т; Q_i – загальний плановий обсяг відправки з пункту i , т; Π – множина пунктів відправлення. Умова балансу вихідного потоку збуту: $\sum q_{ij} \leq B_j$, де B_j – пропускна здатність j -го пункту призначення (елеватора, переробного підприємства), т.

Зведена балансова таблиця підтвердила: обсяг осіннього сезону (2 150 т) у 8,0 разу перевищує зимове міжсезоння (270 т). Ця нерівномірність унеможливує ефективне

використання парку без спеціальної оптимізаційної моделі і є основним генератором надлишкових транспортних витрат [3].

Економіко-математична модель оптимального розподілу транспортних засобів сформульована як багатопродуктова транспортна задача лінійного програмування. Цільова функція мінімізує загальні транспортні витрати за всіма видами вантажів і маршрутами:

$$F = \sum_k \sum_i \sum_j c_{ij}^k \cdot x_{ij}^k \rightarrow \min \quad (3)$$

де c_{ij}^k – питома вартість перевезення 1 т вантажу між пунктами i і j транспортними засобами класу k , грн/т; x_{ij}^k – обсяг перевезень за маршрутом (i, j) транспортними засобами класу k , т/добу; k – індекс класу транспортних засобів.

Умова обмеження кількості транспортних засобів – потреба у транспортних засобах класу k для виконання всіх перевезень не перевищує їх наявної кількості:

$$\sum_i \sum_j x_{ij}^k / W_{ij}^k \leq N_k \quad (4)$$

де W_{ij}^k – продуктивність одного транспортного засобу класу k на маршруті (i, j) , т/добу; N_k – наявна кількість транспортних засобів класу k , од.

Суттєвим розширенням класичної транспортної задачі є введення умови зворотного завантаження. Якщо транспортний засіб везе вантаж за маршрутом $i \rightarrow j$, а у пункті j є зворотний вантаж напрямку $j \rightarrow i$, обсяг зворотного завантаження x'_{ji}^k обмежується:

$$x'_{ji}^k \leq \zeta_{ji} \cdot x_{ij}^k \quad (5)$$

де ζ_{ji} – коефіцієнт зворотного завантаження ($0 \leq \zeta_{ji} \leq 1$), що відображає максимальну частку вантажопідйомності для зворотного рейсу з урахуванням сумісності вантажів. Для основного маршруту «поля \rightarrow елеватор» підприємства «Середнє» встановлено $\zeta_{зв} = 0,68$.

Задача оптимального складу вантажного парку агропідприємства – визначення кількості N_k автомобілів кожного класу – формулюється як задача цілочисельного лінійного програмування. Цільова функція мінімізує річні приведені витрати на власний парк і залучений транспорт:

$$Z = \sum_k (V_{прид} + V_{утр} + V_{експ}) \cdot N_k + \sum_s V_{зал,s} \rightarrow \min \quad (6)$$

де $V_{прид}$, $V_{утр}$, $V_{експ}$ – питомі річні витрати на придбання (амортизація), утримання та експлуатацію одного автомобіля k -го класу, грн; $V_{зал,s}$ – витрати на залучений транспорт у сезоні s , грн; S – кількість сезонів із залученням стороннього транспорту.

Основне обмеження моделі – виконання планового обсягу перевезень у кожному сезонному інтервалі s :

$$\sum_k N_k \cdot W_k^s \geq Q^s, \quad s = 1 \dots 5 \quad (7)$$

де W_k^s – продуктивність одного автомобіля класу k у сезоні s , т/добу; Q^s – плановий добовий обсяг перевезень у сезоні s , т/добу. Задача розв'язується методом повного перебору при невеликій кількості класів (2–4) або методом гілок і меж.

Для узагальненої оцінки ефективності використання вантажного парку запропоновано комплексний показник Φ – зважена сума трьох нормованих коефіцієнтів:

$$\Phi = \omega_1 \cdot \beta / \beta_n + \omega_2 \cdot \beta_p / \beta_{п,н} + \omega_3 \cdot \alpha_t / \alpha_{т,н} \quad (8)$$

де β , β_p , α_t – коефіцієнти використання вантажопідйомності, пробігу та технічної готовності відповідно; $\beta_n = 0,80$, $\beta_{п,н} = 0,72$, $\alpha_{т,н} = 0,92$ – нормативні значення; $\omega_1 = 0,45$, $\omega_2 = 0,35$, $\omega_3 = 0,20$ – вагові коефіцієнти ($\sum \omega_i = 1$). Значення $\Phi = 1,0$ відповідає нормативному рівню ефективності.

Питоми транспортні витрати на 1 тонно-кілометр виконаної транспортної роботи:

$$C_{пит} = C_{км} / (q_n \cdot \beta \cdot \beta_p), \quad \text{грн}/(\text{т} \cdot \text{км}) \quad (9)$$

де $s_{км}$ – витрати на 1 км пробігу, грн/км; q_n – номінальна вантажопідйомність, т. З формули (9) випливає, що підвищення β та β_n безпосередньо і пропорційно знижує питомі витрати [4].

Натурні дослідження проведено на трьох агропідприємствах Харківської та суміжних областей: «Мале» (480 га, 4 авт.), «Середнє» (1 840 га, 12 авт.) та «Велике» (6 200 га, 38 авт.). Загальний обсяг первинних даних – 287 хронометражних рейсів та 1 124 товарно-транспортні накладні. Фактичні значення показника Φ до оптимізації: 0,706; 0,766; 0,846 відповідно, що підтвердило наявність резервів підвищення ефективності на всіх підприємствах.

Для визначення мінімально необхідного обсягу вибірки при оцінці коефіцієнта β з відносною похибкою $\varepsilon \leq 10\%$ та довірчою імовірністю $\gamma = 0,95$ застосовано формулу:

$$n_{\text{виб}} = t_{\gamma}^2 \cdot V^2 / \varepsilon^2 \quad (10)$$

де $t_{\gamma} = 1,96$ – квантиль розподілу Стьюдента при $\gamma = 0,95$; $V = 0,28$ – коефіцієнт варіації параметра (за попередніми даними). Звідси $n_{\text{виб}} \approx 30$ рейсів. Фактичний обсяг вибірки (48–143 рейсів на підприємство) суттєво перевищує мінімально необхідний і забезпечує похибку не більше 7–9 %.

Хронометраж показав, що найбільшою непродуктивною складовою є порожній пробіг (22,6–28,4 % тривалості зміни залежно від підприємства) та очікування в черзі (6,2–8,4 %). Оптимальний план розподілу транспортних засобів методом потенціалів для підприємства «Середнє» у критичному осінньому сезоні (34,2 т/добу) було отримано за 2 ітерації покращення: початкове значення цільової функції $F = 412,8$ грн/добу скорочено до оптимального $F^* = 357,2$ грн/добу.

Відносна економія транспортних витрат після оптимізації:

$$\delta = (F_{\text{до}} - F_{\text{опт}}) / F_{\text{до}} \cdot 100, \% \quad (11)$$

де $F_{\text{до}}$ – фактичні річні транспортні витрати до оптимізації, грн; $F_{\text{опт}}$ – витрати при оптимальному плані, грн. Для підприємства «Середнє»: $F_{\text{до}} = 1\,168$ тис. грн, $F_{\text{опт}} = 908$ тис. грн, $\delta = 22,3\%$.

Застосування оптимального плану розподілу і організація зворотного завантаження ($\zeta_{\text{зв}} = 0,68$ для маршруту «поля → елеватор») забезпечили для підприємства «Середнє»: зростання β з 0,61 до 0,78 (+27,9 %), β_n – з 0,52 до 0,71 (+36,5 %), Φ – з 0,766 до 0,967 (+26,2 %); зниження питомих транспортних витрат з 3,84 до 2,68 грн/т·км (–30,2 %); скорочення частки порожнього пробігу з 48,0 % до 29,0 % (–19 відсоткових пунктів).

Оптимізація складу парку підприємства «Середнє» (задача 6–7) – перехід від 11 до 8 власних автомобілів ($N_2^* = 1$, $N_3^* = 6$, $N_4^* = 1$) з компенсацією нестачі 1,5 одиниці залученим транспортом у пікові дні осіннього сезону – дозволив отримати чисту річну економію 618 тис. грн при терміні окупності 8–14 місяців. Загальна економія транспортних витрат по трьох досліджуваних підприємствах становить 1 514 тис. грн/рік.

Аналіз чутливості оптимального плану виконано за показником:

$$K_{\text{чут}} = (\Delta F_{\text{опт}} / F_{\text{опт}}^0) / (\Delta p_j / p_j^0) \quad (12)$$

де $\Delta F_{\text{опт}}$ – зміна оптимального значення цільової функції при зміні параметра p_j на Δp_j ; $F_{\text{опт}}^0$ і p_j^0 – базові значення. $K_{\text{чут}} < 1,0$ для всіх досліджених параметрів (ціна палива – 0,41; обсяг пікового вантажопотоку – 0,87; коефіцієнт зворотного завантаження – 0,63), що підтверджує стійкість оптимального плану до відхилень вхідних параметрів.

Продуктивність транспортного засобу за зміну з урахуванням зворотного завантаження визначається за формулою:

$$W_{\text{зм}}^{\text{опт}} = q_n \cdot \beta^{\text{опт}} \cdot (1 + \zeta_{\text{зв}}) \cdot n_p / T_{\text{зм}} \quad (13)$$

де $\beta^{\text{опт}}$ – оптимізований коефіцієнт використання вантажопідйомності; $\zeta_{\text{зв}}$ – коефіцієнт зворотного завантаження; n_p – кількість рейсів за зміну; $T_{\text{зм}} = 7$ год – тривалість зміни. Для

автомобілів класу III на маршруті «поля → елеватор» при $\zeta_{зв} = 0,68$ сумарна продуктивність зростає на 34,8 % порівняно з одностороннім рейсом.

Мінімальна потреба у транспортних засобах класу k для покриття потреб сезону s без залучення сторонніх перевізників визначається за формулою:

$$N_k^* = \lceil Q^s / (W_k^s \cdot \alpha_T) \rceil \quad (14)$$

де Q^s – плановий добовий обсяг перевезень у сезоні s , т/добу; W_k^s – продуктивність одного автомобіля класу k у сезоні s , т/добу; α_T – коефіцієнт технічної готовності; $\lceil \cdot \rceil$ – функція округлення до найближчого більшого цілого. Для підприємства «Середнє» у найбільш напружений осінній сезон ($Q^{oc} = 34,2$ т/добу) оптимальна комбінація: $N_2^* = 1$, $N_3^* = 6$, $N_4^* = 1$ (загалом 8 власних авт.).

Порівняльна оцінка ефективності по трьох підприємствах (таблиця 4.8 роботи) виявила, що найбільший абсолютний ефект отримано для підприємства «Велике» (1 142 тис. грн/рік), проте найбільша відносна економія – для підприємства «Мале» (32,0 %). Це пояснюється гіршим вихідним станом і більшим потенціалом підвищення ефективності малих господарств: у них частка автомобілів зі строком служби понад 10 років сягає 64,2 % (норма – не більше 20 %), а коефіцієнт технічної готовності становить лише 0,71 при нормі 0,90–0,95. Темпи оновлення парку в агросекторі регіону – лише 3,4–3,8 % на рік при нормативних 8–10 % – формують системне відставання від нормативних показників.

Для різних категорій агропідприємств обґрунтовано оптимальне співвідношення класів власного парку. Для підприємств площею 1 000–3 000 га рекомендується: 10–15 % – малотоннажні автомобілі (для оперативних коротких доставок), 55–65 % – середньотоннажні (для основних вантажопотоків), 20–30 % – великотоннажні (для пікових дальніх перевезень). Для покриття пікового попиту жнивної кампанії (серпень–жовтень) доцільно укласти попередні договори з 1–2 транспортними організаціями на резервне перевезення за погодинним тарифом, що дозволяє утримувати власний парк на рівні оптимуму.

Новизна роботи: вперше для умов агропідприємств Харківської та суміжних областей розроблено комплексну балансову модель різноспрямованих вантажопотоків агрокомплексу з урахуванням сезонної нерівномірності за шістьма видами вантажів і п'ятьма сезонами; сформульовано та розв'язано задачу оптимального розподілу вантажного парку між маршрутами і видами вантажів з умовою зворотного завантаження (формула 5); запропоновано комплексний показник ефективності Φ (формула 8) як інтегральний критерій оцінки. При масштабуванні результатів на весь агросектор регіону потенціал річної економії транспортних витрат оцінюється у 480–920 млн грн.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>

2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Cagáňová, D., Cehlár, M., Horňáková, N. (eds) *Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development. Mobility IoT 2023*. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4

3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>

4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Козенок А.С., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Величко Є.С., студентка

Державний біотехнологічний університет

LOGISTICS MANAGEMENT SYSTEM OF AN ENTERPRISE IN THE AGRICULTURAL SECTOR

Kozenok A., PhD

State Biotechnological University (SBTU)

Velychko Ye., student

State Biotechnological University (SBTU)

Сучасні умови розвитку аграрного сектору України характеризуються високим рівнем конкуренції, нестабільністю транспортних процесів та необхідністю швидкого реагування на зміни ринку. У таких умовах особливого значення набуває ефективна логістична система управління підприємством, яка забезпечує раціональну організацію матеріальних, інформаційних та транспортних потоків.

Логістична система підприємства являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів, що забезпечують планування, організацію, контроль та оптимізацію процесів постачання, транспортування, зберігання і реалізації продукції. Для підприємств аграрного сектору ефективна логістика є одним із ключових факторів підвищення конкурентоспроможності та зниження витрат.

Особливістю аграрної логістики є сезонність виробництва, залежність від природно-кліматичних умов, необхідність швидкого транспортування продукції та дотримання умов її зберігання.

Недостатній рівень розвитку транспортної інфраструктури та високі логістичні витрати негативно впливають на ефективність діяльності аграрних підприємств.

Основними складовими логістичної системи управління в аграрному секторі є:

- постачальна логістика;
- виробнича логістика;
- транспортна логістика;
- складська логістика;
- збутова логістика;
- інформаційна логістика.

Постачальна логістика забезпечує своєчасне постачання насіння, добрив, паливно-мастильних матеріалів та інших ресурсів. Виробнича логістика спрямована на оптимізацію внутрішніх процесів підприємства та ефективне використання техніки й трудових ресурсів.

Транспортна логістика відіграє важливу роль у перевезенні сільськогосподарської продукції, особливо в період збору врожаю.

Складська логістика забезпечує належне зберігання продукції та зменшення втрат. Збутова логістика орієнтована на ефективну реалізацію продукції та формування конкурентних переваг підприємства.

Одним із основних напрямів удосконалення логістичної системи є автоматизація процесів управління. Використання сучасних інформаційних технологій дозволяє підвищити точність планування перевезень, скоротити час доставки продукції та забезпечити контроль за рухом транспортних засобів у режимі реального часу. Впровадження GPS-моніторингу, систем управління транспортом (TMS) та електронного документообігу сприяє оптимізації транспортних процесів і зниженню витрат підприємства.

Ефективність логістичної системи в АПК прямо впливає на рівень втрат продукції: удосконалення ланцюгів постачання, зберігання та збуту дозволяє знизити втрати з 20-30% до 5-7%.

Ключові складові логістичної системи аграрного підприємства: заготівельна (МТС), виробнича (внутрішньогосподарські переміщення), збутова (доставка споживачу) та складська підсистеми (елеватори, овочесховища, холодильники).

Необхідність застосування логістичних концепцій (Lean, SCM, JIT) в аграрному секторі обмежена через циклічність виробництва, однак принципи точно в час (JIT) можуть ефективно застосовуватися в закупівлі ПММ, добрив і насіння. Зниження логістичних витрат на 1 тону готової продукції досягається через оптимізацію транспортних маршрутів, консолідацію вантажів, зворотну логістику (повернення тари) та вертикальну координацію з партнерами.

Інфраструктурні обмеження в аграрному секторі (брак сучасних зерносховищ, низька пропускна здатність доріг, дефіцит вагового контролю) є стримуючим фактором розвитку логістичних систем підприємств. Інтеграція логістичної системи з маркетингом дозволяє аграрному підприємству гнучко реагувати на коливання цін, обирати оптимальні канали збуту (експорт, переробка, локальний ринок) та мінімізувати ризик затоварення. Імплементация принципів сталого розвитку в логістичну систему (скорочення викидів CO₂, мінімізація харчових відходів, використання зворотної тари) підвищує інвестиційну привабливість аграрного підприємства.

Важливим елементом логістичної системи є організація транспортного забезпечення. Рациональний вибір маршрутів перевезення, оптимізація завантаження транспортних засобів та скорочення простоїв дозволяють підвищити ефективність доставки продукції. Особливо актуальним це є для підприємств харчової та аграрної галузі, де важливе значення має своєчасність транспортування продукції.

Також перспективним напрямом розвитку є впровадження концепції «зеленої логістики», яка передбачає мінімізацію негативного впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище. Використання енергоефективного транспорту, оптимізація маршрутів та скорочення витрат пального сприяють підвищенню екологічної безпеки логістичних процесів.

Отже, ефективна логістична система управління підприємством в аграрному секторі є важливою складовою успішної діяльності підприємства. Використання сучасних технологій, автоматизація управлінських процесів та оптимізація транспортного забезпечення дозволяють підвищити ефективність функціонування підприємств і забезпечити їх конкурентоспроможність на ринку.

Список посилань:

1. Крикавський Є.В. Логістика та управління ланцюгами постачання : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 848 с.
2. Смирнов І.Г. Агрологістика: теоретичні основи та практичні аспекти. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 304 с.
3. Окландер М.А. Логістика : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 346 с.
4. Нагорний Є.В. Організація вантажних автомобільних перевезень. Харків : ХНАДУ, 2021. 412 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

*Карнаух М. В., к.т.н., доцент; Криворот Є.Є., здобувач
Державний біотехнологічний університет*

Музильов Д.О., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

IMPROVEMENT OF TRANSPORT SERVICE TECHNOLOGY FOR GRAIN HARVESTING

M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

Y. Kryvorot, postgraduate researcher State Biotechnology University

D. O. Muzylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kharkiv National University of Automobile and Highway Engineering

Збирання зернових культур є одним із найбільш відповідальних і трудомістких етапів сільськогосподарського виробництва, під час якого транспортне обслуговування відіграє вирішальну роль. Від злагодженості роботи транспортних засобів у складі збирально-транспортних загонів безпосередньо залежить продуктивність зернозбиральних комбайнів, якість зерна та загальна ефективність використання техніки. [1] Несвоєчасне вивезення зерна від комбайнів призводить до простоїв основної збиральної техніки, що спричиняє значні економічні втрати та загрозу псування врожаю внаслідок несприятливих погодних умов.

Сучасний стан агропромислового комплексу характеризується підвищенням вимог до ефективності збиральних операцій в умовах обмеженості агрострокових термінів. Особливо гостро ця проблема постає в господарствах із великими площами посівів зернових, де недостатня кількість транспортних засобів або нераціональне їх використання призводить до значних втрат урожаю. [2] Таким чином, удосконалення технології транспортно обслуговування збирання зернових набуває актуального науково-практичного значення.

Аналіз технологічного процесу збирання зернових культур. Технологічний процес збирання зернових культур являє собою складну організаційно-технічну систему, до складу якої входять зернозбиральні комбайни, транспортні засоби для вивезення зерна, машини для первинного очищення та сушіння, а також зерносховища. Основним критерієм ефективності функціонування цієї системи є забезпечення безперервної роботи комбайнів без простоїв, пов'язаних із очікуванням транспортно обслуговування.

Продуктивність комбайна P_k (т/год) визначається залежністю:

$$P_k = B \cdot v \cdot U \cdot \varphi \cdot 10^{-4},$$

де B – робоча ширина захвату жатки, м; v – робоча швидкість комбайна, м/с; U – урожайність зернових, т/га; φ – коефіцієнт використання робочого часу.

Час наповнення бункера t_n (хв) визначається як:

$$t_n = V_b / (P_k \cdot \gamma),$$

де V_b – місткість бункера комбайна, м³; γ – об'ємна маса зерна, т/м³.

Транспортне обслуговування збирального процесу здійснюється автомобілями-зерновозами, які виконують маршрути «поле – зернозберігальний пункт». Ефективність транспортно обслуговування визначається відповідністю між інтенсивністю потоку зерна від комбайнів та вантажопідйомністю і кількістю транспортних засобів. [3]

Математична модель транспортно обслуговування збирання зернових. Для визначення потрібної кількості транспортних засобів у складі збирально-транспортного загону запропоновано математичну модель, що враховує стохастичний характер надходження транспортних засобів під завантаження та нерівномірність продуктивності комбайнів. [2] Розрахункова кількість транспортних засобів N_{tr} визначається за формулою:

$$N_{tr} = P_k \cdot t_{об} / q_{тр},$$

де $t_{об}$ – час обороту транспортного засобу, год; $q_{тр}$ – вантажопідйомність транспортного засобу, т.

Час обороту транспортного засобу включає час завантаження, час руху до місця розвантаження та у зворотному напрямку, а також час розвантаження:

$$t_{об} = t_{зав} + 2 \cdot l_m / v_{тр} + t_{роз},$$

де $t_{зав}$ – час завантаження транспортного засобу, год; l_m – відстань від поля до зернозберігального пункту, км; $v_{тр}$ – середня технічна швидкість транспортного засобу, км/год; $t_{роз}$ – час розвантаження, год.

Ключовим показником якості транспортного обслуговування є коефіцієнт простою комбайна $K_{пр}$, який характеризує питому вагу часу вимушеного простою в загальному фонді змінного часу:

$$K_{пр} = T_{пр} / T_{зм},$$

де $T_{пр}$ – сумарний час простою комбайна в очікуванні транспортного засобу за зміну, год; $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год. Нормативне значення $K_{пр}$ не повинно перевищувати 0,05, тобто втрати робочого часу комбайна на очікування транспорту мають становити не більше 5%.

Оптимізація маршрутів транспортного обслуговування. Раціональна організація маршрутів транспортних засобів є одним із основних резервів підвищення ефективності транспортного обслуговування збирання зернових. Маршрутизація передбачає оптимальний розподіл транспортних засобів між комбайнами з урахуванням відстані перевезень, вантажопідйомності автомобілів та технологічних обмежень. [4]

Цільова функція оптимізації маршрутів – мінімізація загальних витрат на транспортування зерна – може бути записана у вигляді:

$$W = \sum (S_i \cdot l_i \cdot n_i) \rightarrow \min,$$

де S_i – питомі витрати на виконання одного рейсу i -м транспортним засобом, грн/км; l_i – довжина маршруту i -го транспортного засобу, км; n_i – кількість рейсів i -го транспортного засобу за зміну.

Обмеженнями задачі є: виконання плану вивезення зерна в повному обсязі; дотримання допустимих агрострокових термінів; технічні характеристики транспортних засобів (вантажопідйомність, прохідність); нормативний час роботи водіїв.

Для вирішення задачі оптимізації запропоновано використання методу динамічного програмування у поєднанні з імітаційним моделюванням транспортного процесу. Це дозволяє враховувати стохастичність входних параметрів – варіювання врожайності в межах поля, нерівномірність руху транспортних засобів у польових умовах, черги на розвантаження. [2]

Удосконалена технологія транспортного обслуговування. Удосконалена технологія транспортного обслуговування збирання зернових ґрунтується на принципах диспетчерського управління із застосуванням навігаційних систем контролю місцезнаходження транспортних засобів і комбайнів у режимі реального часу. Ключовим елементом є система прогнозування моменту наповнення бункера комбайна та автоматизованого скеровування транспортного засобу у відповідну точку поля.

Розроблена технологічна схема передбачає такі основні етапи: безперервний моніторинг рівня заповнення бункерів комбайнів; прогнозування часу наповнення бункера для кожного комбайна; автоматичне призначення транспортного засобу з урахуванням його поточного місцезнаходження та вантажопідйомності; оптимізація маршруту руху до комбайна та від поля до місця розвантаження; облік і аналіз виконаних рейсів.

Показник ефективності запропонованої технології – коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу $\eta_{вант}$ – визначається як:

$$\eta_{вант} = q_{факт} / q_{ном},$$

де $q_{факт}$ – фактична маса вантажу в рейсі, т; $q_{ном}$ – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т. Нормативне значення $\eta_{вант}$ має бути не нижче 0,90.

Для комплексного оцінювання ефективності транспортного обслуговування збиральних робіт запропоновано інтегральний показник $E_{то}$:

$$E_{то} = (1 - K_{пр}) \cdot \eta_{вант} \cdot \beta_{тр},$$

де $\beta_{тр}$ – коефіцієнт технічної готовності транспортного засобу. Максимальне значення $E_{то} = 1$ відповідає ідеальному режиму транспортного обслуговування без втрат і відхилень. Розрахунки для умов типових зернових господарств степової зони України свідчать, що впровадження запропонованої технології дозволяє підвищити $E_{то}$ з 0,61–0,67 до 0,85–0,91.

Практичне впровадження та очікувані результати. Практична реалізація удосконаленої технології передбачає оснащення транспортних засобів і комбайнів бортовими навігаційними терміналами, впровадження спеціалізованого програмного забезпечення диспетчерського управління, а також навчання операторів і водіїв роботі з новою системою. [3] Апробацію розробленої системи проведено на базі агрогосподарств Харківської та Полтавської областей у сезоні збирання зернових.

Результати виробничої перевірки засвідчили зменшення питомого простою комбайнів в очікуванні транспорту на 68–72% порівняно з базовим варіантом організації збирально-транспортних робіт. Продуктивність збирально-транспортного загону зросла в середньому на 18–23%, а питомі витрати на транспортування зерна зменшились на 14–17%. [1]

Важливим результатом є також зниження навантаження на зернозберігальні пункти за рахунок рівномірнішого надходження транспортних засобів під розвантаження. Це дозволяє скоротити черги та зменшити непродуктивний час простою автомобілів на 35–40%.

Висновки. Розроблена математична модель транспортного обслуговування збирання зернових культур враховує стохастичний характер основних параметрів збирального процесу та дозволяє визначити оптимальний склад збирально-транспортного загону для конкретних умов виробництва. Запропонована технологія диспетчерського управління транспортним обслуговуванням із використанням навігаційних систем контролю в режимі реального часу забезпечує суттєве підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів і транспортних засобів. Впровадження удосконаленої технології підтверджує доцільність її широкого застосування в агрогосподарствах різних форм власності [4]. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію системи транспортного обслуговування з технологіями точного землеробства та системами прогнозування врожайності на основі методів машинного навчання, що відкриє нові можливості для підвищення ефективності агрологістики.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Caganova, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V.: (2024). Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. In: Caganova, D., Cehlar, M., Hornakova, N. (eds) *Smart Cities: Importance of Management and Innovations for Sustainable Development*. Mobility IoT 2023. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4.
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I.: Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307 (2023). <https://doi.org/10.3390/app13169307>.
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

ТРАНСПОРТУВАННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ. СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ВИМОГИ ДО ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Сиром'ятніков П.С., к.т.н., доцент, Перегняк Г.О., студентка
Державний біотехнологічний університет*

TRANSPORTATION OF CATTLE. METHODS OF TRANSPORTATION, REQUIREMENTS FOR VEHICLES

*Syromiatnikov P.S., docent, Peregnyak G.O., student
State Biotechnological University (SBTU)*

У роботі розглянуто особливості транспортування великої рогатої худоби, основні способи перевезення та вимоги до транспортних засобів. Проаналізовано конструктивні характеристики сучасного транспорту для перевезення тварин та визначено фактори, що впливають на збереження продуктивності й благополуччя худоби під час транспортування. Встановлено, що використання спеціалізованих транспортних засобів із автоматизованим контролем мікроклімату дозволяє знизити рівень стресу тварин та скоротити втрати живої маси.

Транспортування великої рогатої худоби є важливою складовою технологічного процесу у сучасному тваринництві та охоплює перевезення тварин між фермами, племінними господарствами, відгодівельними комплексами та м'ясо- і молокопереробними підприємствами [1–3]. Порушення умов транспортування призводить до виникнення стресу, погіршення фізіологічного стану тварин, втрати живої маси та зниження якості продукції [4–7].

У практиці тваринництва використовують автомобільний, залізничний та внутрішньогосподарський транспорт. Найбільш поширеним є автомобільний транспорт, який забезпечує мобільність, оперативність та можливість підтримання необхідних параметрів мікроклімату. Основні способи транспортування великої рогатої худоби наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні способи транспортування великої рогатої худоби

Вид транспорту	Призначення	Особливості	Переваги
Автомобільний	Перевезення на короткі та середні відстані	Спеціалізовані напівпричепи	Висока мобільність
Залізничний	Масове транспортування	Значні обсяги перевезення	Економічність
Внутрішньогосподарський	Переміщення в межах ферми	Платформи та електрокари	Зручність експлуатації
Контейнерний	Перевезення племінної худоби	Індивідуальні секції	Підвищена безпека
Багатосекційний	Транспортування великої кількості тварин	Системи вентиляції та напування	Зниження транспортних витрат

Однією з основних вимог до транспортних засобів є забезпечення достатньої площі для розміщення тварин. Площа на одну голову визначається за формулою:

$$S = Mq,$$

(1)

де S – площа транспортного відсіку на одну тварину, м²;
 M – жива маса тварини, кг;
 q – допустиме навантаження на площу підлоги, кг·м⁻².

Сучасні транспортні засоби для перевезення великої рогатої худоби обладнуються системами вентиляції, автоматичного напування, освітлення та теплоізоляції. Особливо важливим є підтримання оптимального температурного режиму та ефективної вентиляції, оскільки перегрівання або висока вологість негативно впливають на стан тварин [2, 5]. Схему транспортного засобу для перевезення великої рогатої худоби наведено на рис. 1.



Рис. 1. - Схема сучасного транспортного засобу для перевезення великої рогатої худоби із системами вентиляції та автоматичного контролю мікроклімату

Ефективність транспортних систем визначається продуктивністю перевезення, що розраховується за формулою:

$$(2) \quad Q = mt$$

де Q – продуктивність перевезення, т·год⁻¹;
 m – маса перевезених тварин, т;
 t – час транспортування, год.

У сучасних тваринницьких комплексах активно впроваджуються автоматизовані системи моніторингу, які дозволяють контролювати температуру, вологість, рівень вентиляції та стан тварин у режимі реального часу [3–7]. Використання цифрових систем контролю забезпечує зниження рівня стресу та скорочення втрат продуктивності під час транспортування. Основні характеристики транспортних засобів наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики транспортних засобів для перевезення великої рогатої худоби

Показник	Стандартний транспорт	Сучасний спеціалізований транспорт
Місткість, голів	12–20	25–40
Наявність вентиляції	Часткова	Автоматизована
Контроль температури	Відсутній	Автоматичний
Втрати живої маси, %	3,8	1,5
Рівень стресу тварин	Високий	Помірний
Витрати пального, л·100 км ⁻¹ {-1}-1	38	29

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання сучасних транспортних засобів забезпечує підвищення ефективності перевезення великої рогатої худоби та покращення умов утримання тварин під час транспортування. Найбільший ефект досягається при використанні автоматизованих систем вентиляції, напування та цифрового моніторингу мікроклімату.

Висновки: Таким чином, транспортування великої рогатої худоби є важливим етапом технологічного процесу у тваринництві. Використання спеціалізованих транспортних засобів та сучасних систем контролю дозволяє забезпечити благополуччя тварин, скоротити втрати продуктивності та підвищити ефективність виробництва.

Список посилань:

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202311-08>.
2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176>.
3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Белих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4\(82\)6](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6).
4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Белих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88>.
5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162>.
6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577>.
7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНА ВІД КОМБАЙНІВ ДО ЗЕРНОСХОВИЩА

Карнаух М. В., к.т.н., доцент;

Говоруха Д.Є, аспірант;

Дон В.О., здобувач

Державний біотехнологічний університет

Музильов Д.О., к.т.н., доцент

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL COMPOSITION OF THE TRANSPORT-TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR GRAIN TRANSPORTATION FROM COMBINES TO GRAIN STORAGE

M. V. Karnaukh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

D. Ye. Govorukha, PhD student;

V. O. Don, postgraduate researcher

State Biotechnology University

D. O. Muzylov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kharkiv National University of Automobile and Highway Engineering

Зернова галузь посідає одне з провідних місць у структурі сільськогосподарського виробництва Харківської області: площа під зерновими культурами перевищує 1,3 млн га, а валовий збір у сприятливі роки сягає 3,8 млн тонн. Водночас незважаючи на технічне оновлення парку зернозбиральних комбайнів протягом останніх років, збитки від несвоєчасного вивезення зерна залишаються суттєвими. За оцінками фахівців аграрного сектору, від 8 до 14 відсотків зерна втрачається не внаслідок агробіологічних причин, а через затримки транспортування: зернозбиральний комбайн змушений очікувати на транспортний засіб, вивантажувальний шнек зупинено, продуктивність збиральної кампанії знижується, а агротехнічні строки порушуються [1].

Корінь проблеми полягає у відсутності обґрунтованого методу добору раціонального складу транспортно-технологічного комплексу (ТТК): кількість транспортних засобів і їхня вантажопідйомність визначаються здебільшого на підставі досвіду керівника збиральної кампанії, а не розрахунку. Наявні методи, як правило, зводяться до визначення годинного вантажообороту комбайна та порівняння його з теоретичною продуктивністю транспортного засобу. Такий підхід не враховує стохастичного характеру процесу: черги на завантаження і розвантаження, нерівномірність урожайності по полю, зупинки на розворотах і переїздах між загінками. Необхідний принципово інший підхід – розглядати збирально-транспортний процес як балансово-потоківу систему і знаходити такі параметри ТТК, за яких мінімізується системний показник – питомі сукупні витрати на збирання та перевезення тонни зерна [2].

Системний критерій ефективності та структура питомих витрат.

Для кількісної оцінки ефективності збирально-транспортного процесу введено поняття питомих сукупних витрат (ПСВ) – суми всіх видів витрат, що припадають на одну тонну перевезеного зерна. ПСВ є інтегральним показником: його мінімізація означає, що ресурси (техніка, паливо, час) витрачаються найраціональніше. Системний критерій ефективності ТТК має вигляд:

$$W = W_{mp} + W_{нк} + W_{єз} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де W – питомі сукупні витрати, грн/т; $W_{тр}$ – питомі транспортні витрати (паливо, амортизація, оплата праці водія), грн/т; $W_{пк}$ – питомі витрати, зумовлені простоями комбайна, грн/т; $W_{вз}$ – питомі витрати від втрат зерна внаслідок затримки вивезення, грн/т.

Типова структура питомих витрат для умов Харківської області (за даними обстеження 34 сільськогосподарських підприємств у 2021–2023 роках) свідчить, що вартість простою зернозбирального комбайна є найбільш варіативною складовою – від 22 до 35 відсотків від загальної суми витрат залежно від організації збирально-транспортного процесу. Саме ця складова є керованою і визначає потенціал підвищення ефективності ТТК [3].

Балансово-потокова модель транспортно-технологічного комплексу.

Для побудови моделі ТТК введено поняття ефективної інтенсивності зернового потоку λ_e – середньої подачі зерна комбайном протягом зміни з урахуванням усіх перерв:

$$\lambda_e = W_k \cdot v_p \cdot \eta_{рч} \cdot Y / 60, \quad (2)$$

де W_k – ширина захвату жатки комбайна, м; v_p – робоча швидкість комбайна, км/год; $\eta_{рч}$ – коефіцієнт використання робочого часу комбайна; Y – врожайність культури, т/га.

Транспортний засіб вантажопідйомністю q (т) вміщує ціле число бункерів:

$$n_b = \lfloor q / V_b \rfloor, \quad (3)$$

де n_b – кількість бункерів, що вміщується в кузові транспортного засобу (округлення вниз до цілого); $\lfloor \cdot \rfloor$ – операція взяття цілої частини; V_b – місткість бункера комбайна, т.

Час завантаження одного транспортного засобу при послідовному вивантаженні бункерів через шнек визначається як:

$$t_z = n_b \cdot t_{ш}, \quad (4)$$

де $t_{ш}$ – тривалість вивантаження одного бункера через шнек, хв.

Загальний час обороту транспортного засобу $T_{об}$ (хв) включає такі складові:

$$T_{об} = t_z + t_{рн} + t_{розв} + t_{рп} + t_m, \quad (5)$$

де $t_{рн} = L / v_n$ – час руху навантаженого транспортного засобу, хв; $t_{розв}$ – час розвантаження на зерносховищі (включно з очікуванням у черзі та зважуванням), хв; $t_{рп} = L / v_p$ – час руху порожнього транспортного засобу, хв; t_m – час маневрування та підготовчо-заклучних операцій, хв; L – відстань від поля до зерносховища, км.

Аналітична залежність коефіцієнта простою комбайна.

Ключовим результатом балансово-потокової моделі є аналітична залежність коефіцієнта простою комбайна K_p від параметрів ТТК. Введемо безрозмірний параметр збалансованості:

$$\rho = T_{об} / (n \cdot t_{нб}), \quad (6)$$

де n – кількість транспортних засобів у складі ТТК, шт.; $t_{нб} = V_b / \lambda_e$ – час наповнення бункера комбайна, хв.

Коефіцієнт простою комбайна визначається з умови балансу між інтервалом прибуття транспортних засобів та часом наповнення бункера:

$$K_n = \max(0; 1 - n \cdot t_{нб} / T_{об}), \quad (7)$$

тобто при $\rho \leq 1$ транспорт надходить із достатньою частотою і $K_n \approx 0$; при $\rho > 1$ комбайн простоє частину часу зміни в очікуванні транспортного засобу. Формула (7) показує, що коефіцієнт простою лінійно залежить від кількості транспортних засобів n і нелінійно – від вантажопідйомності q та відстані L (через час обороту $T_{об}$) [4].

Важливою властивістю моделі є існування «точки насичення вантажопідйомності» – граничного значення q^* , після якого подальше збільшення вантажопідйомності транспортного засобу не зменшує K_n , проте суттєво підвищує питомі транспортні витрати $W_{тр}$. Це пояснюється дискретним зростанням кількості бункерів $n_b(q) = \lfloor q / V_b \rfloor$ та відповідним збільшенням часу завантаження t_z .

Повна аналітична форма функції питомих сукупних витрат.

Повна функція питомих сукупних витрат $W(n, q, L)$ має вигляд (1), де кожна складова визначається аналітично.

Питомі транспортні витрати включають усі витрати на утримання та експлуатацію n транспортних засобів:

$$W_{mp} = n \cdot C_{авт} \cdot T_{зм} / Q_з, \quad (8)$$

де $C_{авт}$ – вартість однієї хвилини роботи транспортного засобу, грн/хв; $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв; $Q_з$ – обсяг зерна, вивезений усіма n транспортними засобами за зміну, т:

$$Q_з = n \cdot \lfloor T_{зм} / T_{об} \rfloor \cdot n_b \cdot V_b. \quad (9)$$

Питомі витрати від простою комбайна:

$$W_{нк} = C_k \cdot K_n \cdot T_{зм} / Q_з, \quad (10)$$

де C_k – вартість однієї хвилини роботи комбайна (з урахуванням амортизації, оплати праці машиніста, витрат на паливо), грн/хв.

Питомі вартісні витрати від втрат зерна внаслідок затримки збирання визначаються через нелінійну (параболічну) залежність:

$$W_{вз} = C_з \cdot (\alpha \cdot \Delta t + \beta \cdot \Delta t^2), \quad (11)$$

де $C_з$ – ринкова ціна зерна, грн/т; α, β – емпіричні коефіцієнти, що залежать від культури та кліматичних умов; Δt – перевищення оптимального агрономічного строку збирання, діб. Для озимої пшениці в умовах Харківської області: $\alpha = 0,008 \text{ доб}^{-1}$; $\beta = 0,002 \text{ доб}^{-2}$.

Результати розрахункових досліджень.

Повний перебір варіантів складу ТТК виконано у варіаційному просторі: $n \in \{1...6\}$ шт., $q \in \{8, 10, 14, 16, 18, 20, 24\}$ т, $L \in \{5...30\}$ км (9 значень). Загальний обсяг варіаційного простору складає 378 комбінацій. Для кожної комбінації обчислено $W(n, q, L)$ за формулами (1), (8)–(11) та визначено оптимальну пару (n^*, q^*) за критерієм мінімуму функції питомих сукупних витрат.

Програма розрахунку реалізує алгоритм послідовного перебору з п'яти блоків: ініціалізація вхідних даних; зовнішній цикл по вантажопідйомності q ; внутрішній цикл по кількості транспортних засобів n ; обчислення $W(n, q, L)$ та порівняння з поточним мінімумом; виведення оптимальної пари (n^*, q^*) для кожного значення L . Обчислювальна складність алгоритму становить $O(378)$ операцій, що не потребує спеціалізованого програмного забезпечення і може бути реалізовано в середовищі електронних таблиць.

Розрахунки виявили такі закономірності. По-перше, оптимальна кількість транспортних засобів n^* зростає зі збільшенням відстані L : від 2 одиниць при $L \leq 10$ км до 5 одиниць при $L = 30$ км, що підтверджує лінійний зв'язок між n^* та L , який впливає з балансової умови $\rho \leq 1$. По-друге, оптимальна вантажопідйомність q^* у більшості розрахункових ситуацій становить 10–14 т, а не 16–24 т, як прийнято в поширеній практиці, – що є безпосереднім проявом ефекту «точки насичення вантажопідйомності». По-третє, питомі сукупні витрати W^* при оптимальному складі ТТК зростають від 36,4 грн/т ($L = 5$ км) до 89,5 грн/т ($L = 30$ км), тобто збільшення відстані у шість разів призводить до зростання W^* лише у 2,46 разу, що свідчить про сповільнення приросту витрат завдяки збільшенню кількості транспортних засобів.

Верифікацію балансово-поточної моделі виконано шляхом порівняння розрахункових і фактичних значень K_p , отриманих за даними хронометражних спостережень на підприємстві СТОВ «Агроленд» Харківського району у 2023 році. Спостереження проводились упродовж трьох тижнів збиральної кампанії; фіксувалися час початку і завершення кожного завантаження, час простою комбайна в очікуванні транспортного засобу, відстань від поля до зерносховища та марка і вантажопідйомність кожного задіяного автомобіля. Максимальне відхилення розрахункових значень від фактичних не перевищує 17 %, що є прийнятним для інженерних розрахунків у галузі організації транспортних процесів.

На основі результатів оптимізації побудовано номограму вибору складу ТТК – практичний графічний інструмент, що дозволяє організатору збиральної кампанії визначити раціональну кількість та вантажопідйомність транспортних засобів за двома параметрами: відстанню до зерносховища та очікуваною врожайністю. Номограма доповнена лініями рівних витрат $W = \text{const}$, що дозволяють кількісно оцінити вартісні наслідки відхилення від оптимального складу ТТК. Для умов Харківської та суміжних областей при застосуванні комбайнів класу Claas Lexion 760 (місткість бункера 12 т, продуктивність шнека 100 т/год) рекомендовані склади ТТК наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рекомендований склад ТТК залежно від відстані транспортування та врожайності (умови Харківської та суміжних областей, комбайн Claas Lexion 760)

Відстань L , км	Врожайність Y , т/га	n^* , шт.		q^* , т	W^* , грн/т
до 8	4,0–5,0	2		10	34–40
до 8	5,1–6,5	2		14	36–44
8–12	4,0–5,0	2–3		10	40–55
8–12	5,1–6,5	3		10	48–58
12–18	4,0–5,0	3		10–14	54–65
12–18	5,1–6,5	3		14	58–68
18–25	4,0–5,0	4		10–14	68–78
18–25	5,1–6,5	4		14	72–82
понад 25	будь-яка	5		14	85–95

Економічна ефективність запропонованих рішень.

Для оцінки економічного ефекту порівнювалися два сценарії організації збиральної кампанії для умовного підприємства з площею 1 800 га, трьома комбайнами та відстанню до зерносховища 15 км. Сценарій А (базовий) передбачає традиційне призначення двох транспортних засобів вантажопідйомністю 16 т на кожен комбайн (всього 6 автомобілів). Сценарій Б (запропонований) – підбір складу ТТК за номограмою: три транспортні засоби вантажопідйомністю 10 т на кожен комбайн (всього 9 автомобілів).

За сценарієм А коефіцієнт простою комбайна $K_p = 0,22$, тривалість збиральної кампанії зростає до 51 доби, а загальні витрати та втрати становлять 23 392 986 грн. За сценарієм Б $K_p \approx 0$, тривалість кампанії скорочується до 39 діб, загальні витрати – 10 906 368 грн. Питомі сукупні витрати W^* скорочуються з 115,4 грн/т до 57,9 грн/т, тобто вдвічі. Річна економія становить 12 486 618 грн при додаткових витратах на три транспортні засоби меншої вантажопідйомності лише 107 136 грн, що підтверджує виключно організаційний характер досягнутого ефекту – без будь-яких капітальних вкладень.

Висновки.

У роботі вирішено актуальну науково-практичну задачу – обґрунтування раціонального складу транспортно-технологічного комплексу при перевезенні зерна від зернозбиральних комбайнів до зерносховища в умовах Харківської та суміжних областей. Розроблено балансово-потоківу модель ТТК, що аналітично пов'язує коефіцієнт простою комбайна з параметрами (n, q, L) , та отримано основне рівняння моделі (7). Модель верифіковано за польовими даними; максимальне відхилення не перевищує 17 %, що є прийнятним для інженерних розрахунків.

Виявлено ефект «точки насичення вантажопідйомності»: для умов Харківської області при трьох транспортних засобах вона знаходиться в діапазоні $q^* = 14-16$ т при $L = 10-20$ км. Збільшення вантажопідйомності понад це значення не зменшує коефіцієнт простою K_p , проте суттєво підвищує питомі транспортні витрати $W_{тр}$, що призводить до зростання функції сукупних витрат W . Встановлено, що оптимальна вантажопідйомність транспортних засобів для умов регіону при $L = 8-20$ км становить 10–14 т – а не 16–24 т, як прийнято в поширеній практиці.

Розроблено номограму і зведену таблицю рекомендацій для вибору складу ТТК, придатних до безпосереднього використання організаторами збиральних кампаній без проведення повного розрахунку. Розрахований річний економічний ефект від впровадження результатів для умовного підприємства з площею 1 800 га становить 12 486 618 грн без будь-яких капітальних вкладень: питомі сукупні витрати W^* скорочуються з 115,4 до 57,9 грн/т, тобто вдвічі. Основна частина ефекту – 94,6 % – формується за рахунок скорочення простоїв збиральної техніки та зменшення втрат зерна від порушення агрономічних строків збирання.

Список посилань:

1. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezhnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>
2. Vojtov, V., Muzylyov, D., Cagáňová, D., Karnaukh, M., Kozenok, A., Babych, I., Ivanov, V. Mathematical Model of Transport Stream Sustainability at Road Network Areas During Traffic Jams. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham. 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56533-5_4
3. Vojtov, V., Muzylyov, D., Karnaukh, M., Kravtsov, A., Goryayinov, O., Gorodetska, T., Ivanov, V., Pavlenko, I. Modeling of Traffic Flows Sustainability on Highway Network Stretches. *Applied Sciences*. 13, 9307. 2023. <https://doi.org/10.3390/app13169307>
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. June 8–11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗЕРНА В
МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ РУХОМИМ СКЛАДОМ ФГ «НЕРОЗЯ»**

Козенок А.С., к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Стрижак А.В., студентка

Державний біотехнологічний університет

**IMPROVEMENT OF LOGISTICS PROCESSES IN GRAIN TRANSPORTATION IN
INTERCITY TRAFFIC BY THE VEHICLE FLEET OF FG “NEROZYA”**

Kozenok A., PhD

State Biotechnological University (SBTU)

Stryzhak A., student

State Biotechnological University (SBTU)

Перевезення зерна в міжміському сполученні характеризується високою сезонністю, значними обсягами вантажопотоків та підвищеними вимогами до збереження якості продукції. Основними проблемами логістичних процесів у цій сфері є нерівномірне завантаження транспортної інфраструктури, дефіцит рухомого складу в пікові періоди, затримки при оформленні документації, нераціональне планування маршрутів та збільшення часу простою транспортних засобів.

Одним із напрямів удосконалення логістичних процесів є впровадження цифрових систем управління перевезеннями. Використання GPS-моніторингу, систем управління транспортом (TMS) та автоматизованого планування маршрутів дозволяє зменшити витрати пального, скоротити час доставки та підвищити контроль за переміщенням вантажу. Завдяки цифровізації забезпечується оперативний обмін інформацією між перевізниками, елеваторами та замовниками транспортних послуг.

Важливим фактором підвищення ефективності перевезень зерна є оптимізація маршрутів руху транспортних засобів. Раціональне планування маршрутів дає змогу мінімізувати холості пробіги автомобілів, скоротити транспортні витрати та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Особливого значення набуває використання логістичних центрів і перевантажувальних терміналів, що сприяють більш рівномірному розподілу вантажопотоків.

Перспективним напрямом також є розвиток мультимодальних перевезень, які передбачають комбінування автомобільного, залізничного та водного транспорту. Такий підхід дозволяє знизити навантаження на автомобільні дороги, підвищити швидкість доставки та зменшити собівартість перевезень на великі відстані.

Удосконалення логістичних процесів при перевезенні зерна в міжміському сполученні повинно базуватися на комплексному підході, який включає цифровізацію транспортних операцій, оптимізацію маршрутів, розвиток мультимодальних перевезень та покращення координації між учасниками логістичного процесу. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності транспортної системи та зниженню логістичних витрат у аграрному секторі.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України особливого значення набуває ефективно управління логістичними процесами. Сільськогосподарські підприємства функціонують в умовах постійного зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, нестабільності транспортної інфраструктури, сезонності виробництва та високої конкуренції на ринку аграрної продукції. За таких умов ефективність транспортно-логістичних процесів безпосередньо впливає на фінансові результати діяльності підприємства та його конкурентоспроможність.

Логістика у сфері сільського господарства охоплює комплекс процесів, пов'язаних із постачанням, транспортуванням, зберіганням та реалізацією продукції. Особливого значення набуває організація перевезень зернових культур, оскільки зерно є одним із основних видів сільськогосподарської продукції в Україні та займає вагоме місце у структурі аграрного експорту. Від ефективності організації транспортного процесу залежить своєчасність доставки продукції, рівень витрат підприємства, а також якість обслуговування замовників.

Актуальність дослідження полягає в необхідності удосконалення логістичних процесів при перевезенні зерна у міжміському сполученні, що дозволить забезпечити більш раціональне використання рухомого складу, скоротити витрати на перевезення та підвищити ефективність діяльності фермерського господарства.

Об'єктом дослідження є логістичні процеси фермерського господарства «Нерозя», яке здійснює вирощування зернових культур та їх транспортування автомобільним транспортом. Предметом дослідження є організація перевезень зерна у міжміському сполученні та ефективність використання рухомого складу підприємства.

Фермерське господарство «Нерозя» розташоване у Сумській області та спеціалізується на вирощуванні зернових, бобових та олійних культур. Підприємство також надає транспортні послуги з перевезення зерна до елеваторів, переробних підприємств та оптових баз. Основними маршрутами перевезень є Ясенове–Конотоп, Ясенове–Полтава, Ясенове–Миргород та Ясенове–Харків. Для виконання транспортних операцій підприємство використовує вантажні автомобілі MAN TGX 18.480 вантажопідйомністю 18 тонн.

Аналіз діяльності підприємства показав, що транспортні витрати займають значну частину у структурі загальних витрат господарства. Основними чинниками, які впливають на собівартість перевезень, є витрати на паливо, технічне обслуговування транспортних засобів, простої під час навантажувально-розвантажувальних робіт та неефективне використання пробігу автомобілів. Коефіцієнт використання пробігу на підприємстві становить 0,65, що є нижчим за рекомендовані значення для вантажних автомобільних перевезень. Це свідчить про наявність значної кількості холостих пробігів та недостатній рівень оптимізації маршрутів.

Однією з проблем логістичної системи підприємства є недостатній рівень автоматизації управління транспортними процесами. Планування маршрутів та контроль роботи автомобілів здійснюються переважно вручну, що ускладнює оперативне прийняття рішень та знижує ефективність логістичних операцій. Відсутність сучасних інформаційних технологій не дозволяє повною мірою контролювати витрати пального, час перебування автомобілів у дорозі та продуктивність роботи водіїв.

Під час дослідження було встановлено, що значна частина часу втрачається під час очікування розвантаження на елеваторах та переробних підприємствах. Середня тривалість розвантажувальних операцій становить 3–4 години, що негативно впливає на продуктивність рухомого складу та збільшує експлуатаційні витрати. Крім того, існуюча система організації перевезень не враховує можливості об'єднання окремих маршрутів або формування більш раціональних схем доставки продукції.

Для удосконалення логістичних процесів у роботі запропоновано впровадження комплексу заходів, спрямованих на підвищення ефективності транспортних операцій. Одним із основних напрямів є оптимізація маршрутів перевезень із урахуванням відстані, стану дорожнього покриття, інтенсивності транспортних потоків та часу доставки продукції. Раціональна маршрутизація дозволяє скоротити непродуктивні пробіги автомобілів, знизити витрати на паливо та підвищити коефіцієнт використання пробігу.

Також доцільним є удосконалення графіків роботи автомобілів та координація часу навантаження і розвантаження продукції. Це дозволить зменшити простої транспортних засобів та забезпечити більш рівномірне використання рухомого складу протягом робочого періоду. Для підвищення ефективності управління транспортними процесами запропоновано використання сучасних інформаційних технологій, зокрема GPS-моніторингу, електронного обліку витрат пального та автоматизованих систем планування перевезень.

Використання GPS-систем дозволяє здійснювати контроль місцезнаходження автомобілів у режимі реального часу, аналізувати маршрути руху, контролювати витрати пального та оперативно реагувати на зміни дорожньої ситуації. Впровадження цифрових технологій сприятиме підвищенню рівня контролю за роботою транспорту та покращенню організації логістичних процесів.

Важливим напрямом удосконалення логістики є також підвищення рівня технічного обслуговування транспортних засобів. Регулярне проведення діагностики та профілактичного ремонту дозволяє знизити ризик виникнення технічних несправностей під час перевезень та забезпечити стабільну роботу рухомого складу. Це сприяє зменшенню витрат на аварійні ремонти та скороченню простоїв автомобілів.

У результаті впровадження запропонованих заходів очікується підвищення продуктивності роботи автомобілів, скорочення витрат на транспортування та покращення якості логістичного обслуговування. Оптимізація маршрутів дозволить скоротити час доставки продукції та підвищити ефективність використання транспортних ресурсів підприємства. Зниження експлуатаційних витрат позитивно вплине на фінансові результати діяльності господарства та підвищить його конкурентоспроможність на ринку аграрної продукції.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання запропонованих рішень не лише у ФГ «Нерозя», а й на інших аграрних підприємствах України, діяльність яких пов'язана з перевезенням зернових культур автомобільним транспортом. В умовах сучасного розвитку аграрного сектору удосконалення логістичних процесів є важливою складовою забезпечення ефективного функціонування транспортної системи підприємства та підвищення його економічної стійкості.

Висновки:

1. Аналіз діяльності ФГ «Нерозя» дозволив визначити основні проблеми організації логістичних процесів при перевезенні зерна у міжміському сполученні.
2. Встановлено, що основними недоліками є високий рівень витрат на паливо, недостатня оптимізація маршрутів та наявність холостих пробігів транспортних засобів.
3. Запропоновано заходи щодо удосконалення маршрутизації перевезень, оптимізації графіків роботи автомобілів та впровадження сучасних інформаційних технологій управління транспортними процесами.
4. Реалізація запропонованих рішень дозволить підвищити ефективність використання рухомого складу, скоротити логістичні витрати та покращити якість транспортного обслуговування.
5. Запропоновані заходи можуть бути використані іншими аграрними підприємствами для удосконалення логістичних процесів та підвищення ефективності перевезень зернових культур.

Список посилань:

1. Крикавський Є.В. Логістика та управління ланцюгами поставок : навч. посіб. Львів : Львівська політехніка, 2020. 848 с.
2. Смирнов І.Г. Агрологістика: теоретичні основи та практичні аспекти. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 304 с.
3. Окландер М.А. Логістика : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 346 с.
4. Гаджинський А.М. Практикум з логістики. Київ : Дашков і К, 2021. 284 с.
5. Внутрішні матеріали та фінансова звітність ФГ «Нерозя» за 2022–2024 рр.

ТРАНСПОРТУВАННЯ ТВАРИННИЦТВА. ВИДИ ТРАНСПОРТУВАННЯ У ТВАРИННИЦТВІ

*Сиром'ятников Ю. М., к.т.н., Сиром'ятніков П.С., доцент, Вишняк Д.С.. студент
Державний біотехнологічний університет*

LIVESTOCK TRANSPORTATION. TYPES OF TRANSPORTATION IN LIVESTOCK

*Syromyatnikov Yu.N., PhD, Syromiatnikov P.S., docent, Vyshniak D.S., student
State Biotechnological University (SBTU)*

Анотація. У роботі розглянуто особливості транспортування у тваринництві та основні види транспортних систем, що використовуються у сучасному аграрному виробництві. Проаналізовано технологічні процеси перевезення тварин, кормів, молока та органічних відходів. Встановлено, що використання спеціалізованого транспорту та автоматизованих логістичних систем забезпечує зниження витрат пального та підвищення ефективності виробничих процесів.

Транспортування у тваринництві є важливою складовою технологічного процесу, оскільки забезпечує переміщення тварин, кормів, молока, обладнання та органічних відходів між виробничими об'єктами [1–3]. Ефективність транспортних операцій суттєво впливає на економічні показники підприємства, продуктивність тварин та якість отриманої продукції [4–6].

У сучасному тваринництві використовують автомобільний, тракторний, конвеєрний, трубопровідний та спеціалізований транспорт. Автомобільний транспорт застосовується для перевезення тварин, кормів та молочної продукції на значні відстані. Конвеєрні системи використовують для транспортування кормів та видалення гною всередині виробничих приміщень. Основні види транспортування у тваринництві наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні види транспортування у тваринництві

Вид транспорту	Призначення	Особливості використання	Переваги
Автомобільний	Перевезення тварин і продукції	Великі відстані	Висока мобільність
Тракторний	Транспортування кормів і відходів	Робота в межах господарства	Універсальність
Конвеєрний	Подача кормів і видалення гною	Усередині приміщень	Автоматизація процесу
Трубопровідний	Переміщення рідких відходів і молока	Герметичність системи	Санітарна безпека
Спеціалізований	Перевезення живих тварин	Контроль мікроклімату	Зменшення стресу тварин

Одним із головних показників ефективності транспортних систем є продуктивність транспортного обладнання, що визначається за формулою:

$$Q=mt, \tag{1}$$

де Q – продуктивність транспортної системи, т·год⁻¹;

m – маса вантажу, т;

t – тривалість транспортування, год.

При транспортуванні живих тварин особливе значення має дотримання ветеринарно-санітарних вимог та забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату. Використання спеціалізованих транспортних засобів дозволяє підтримувати необхідний температурний режим, вентиляцію та рівень вологості під час перевезення [2, 5]. Схему транспортної системи тваринницького підприємства наведено на рис. 1.



Рис. 1.- Схема транспортної системи тваринницького підприємства

Суттєві витрати енергії у транспортних системах пов'язані з роботою насосного та конвеєрного обладнання. Потужність транспортуючої системи визначають за формулою:

$$N=QHL367\eta \quad , \quad (2)$$

де N – потужність обладнання, кВт;
 Q – продуктивність системи, т·год⁻¹;
 H – висота транспортування, м;
 L – довжина транспортної лінії, м;
 η – коефіцієнт корисної дії.

У сучасних тваринницьких комплексах активно впроваджуються автоматизовані системи логістики та Smart Farm технології, що забезпечують контроль транспортних потоків у режимі реального часу [3–7]. Використання цифрових систем моніторингу дозволяє знизити витрати пального, скоротити втрати продукції та оптимізувати маршрути перевезення.

Порівняльну характеристику традиційних та автоматизованих транспортних систем наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння транспортних систем у тваринництві

Показник	Традиційна система	Автоматизована система
Витрати пального, л·доб ⁻¹	185	122
Втрати кормів, %	8,5	3,2
Продуктивність, т·год ⁻¹	12	19
Рівень автоматизації, %	28	84
Енерговитрати, кВт·год·доб ⁻¹	430	295

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання сучасних транспортних систем у тваринництві забезпечує підвищення ефективності виробництва та зниження енергетичних витрат. Найбільший ефект досягається при комплексному використанні автоматизованих логістичних систем, спеціалізованого транспорту та цифрового моніторингу технологічних процесів.

Висновки: Таким чином, транспортування у тваринництві є важливою складовою сучасного аграрного виробництва. Використання інноваційних транспортних технологій дозволяє забезпечити ефективне функціонування підприємств, підвищити продуктивність праці та зменшити витрати енергетичних ресурсів.

Список посилань:

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202311-08>.
2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176>.
3. Сиромятников Ю. М., Шапля В. П., Харченко О. М., Белих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4\(82\)6](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6).
4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Белих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: <https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88>.
5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: <https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162>.
6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577>.
7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

ЕЛЕКТРОННЕ НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ» – Харків: ДБТУ, 2026. - 178 с.

Відповідальність за зміст та літературне редагування тез доповідей несуть автори та їх наукові керівники.

Упорядник – *Кравцов А.Г.*, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і логістики ДБТУ

Технічний редактор та комп'ютерна верстка – *Городецька Т. Е.*, к.е.н., доцент

Видавець:

Державний біотехнологічний університет