



**V Всеукраїнська науково-теоретична конференція**

**ПРОБЛЕМИ  
З ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ  
І НАПРЯМИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ**

**23-24 березня 2023 року**



**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**



**ЛЬВІВ – 2023**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



**V Всеукраїнська науково-теоретична конференція**

**ПРОБЛЕМИ  
З ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ  
І НАПРЯМИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ**

23–24 березня 2023 року

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

Львів  
Видавництво Львівської політехніки  
2023

УДК 656.1  
П 78

**Рецензенти:**

**Поліщук В. П.**, доктор технічних наук, професор Національного транспортного університету,

**Горбачов П. Ф.**, доктор технічних наук, професор Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

**Відповідальний за випуск:**

**Форнальчик Євген**, доктор технічних наук, професор Національного університету «Львівська політехніка»

П 78 **V Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання»:** тези доповідей, 23–24 березня 2023 року: Тези доповідей. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2023. – Режим доступу: [https://drive.google.com/drive/folders/1oGKuMJ1BiWAm\\_SdBvyQWnGSzA55MMnes](https://drive.google.com/drive/folders/1oGKuMJ1BiWAm_SdBvyQWnGSzA55MMnes) вільний. – Заголовок з екрана. – Мова укр. і англ.  
ISBN 978-966-941-808-1

Збірник містить матеріали за такими напрямками: транспортне планування міст та керування дорожнім рухом, моделювання транспортних потоків, безпека дорожнього руху, попит на транспортні послуги та пасажирські перевезення, вантажні перевезення та транспортна логістика, технічна експлуатація транспортних засобів, психофізіологічні особливості та надійність роботи водія.

**УДК 656.1**

*Тези доповідей друкуються в авторській редакції.*

*Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, наведеної в роботах, та залишає за собою право не погоджуватись з думкою авторів на викладені проблеми.*

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ТРАНСПОРНИХ СИСТЕМ, БЕЗПЕКОЮ ТА ОРГАНІЗАЦІЄЮ РУХУ

Управління розвитком персоналу автотранспортного підприємства <i>Георгій Прокудін, Ірина Лебідь, Олексій Чупайленко</i> .....	7
Щодо затримок автомобілів на вулицях міста. <i>Євген Форнальчик</i> .....	8
Диференційоване обмеження максимальної швидкості руху транспорту в містах <i>Сергій Янішевський, Оксана Білоног, Інна Виговська</i> .....	10
Про залучення прямих іноземних інвестицій у транспортну інфраструктуру України <i>Валентина Пузікова</i> .....	14
Управління розвитком транспортних систем на основі аналізу їх соціально-економічної ефективності <i>Наталія Костьян, Петро Матейчик</i> .....	16
Затори, спричинені зростанням автомобілізації населення <i>Ігор Хітров</i> .....	18
Чинники, що впливають на мікромобільність населення <i>Анастасія Боцман, Денис Понкратов, Дмитро Рославцев</i> .....	20
Conflictology of traffic organization in the central parts of the city <i>Ganna Weigang, Kateryna Komar</i> .....	24
Оцінка стану аварійності на українських дорогах у 2021 році <i>Володимир Кищун</i> .....	26
Застосування методу коефіцієнтів аварійності як основи статистичної моделі взаємного впливу дорожніх умов <i>Дмитро Руденко, Володимир Товарянський</i> .....	28
Сучасні підходи до оцінки безпеки дорожнього руху <i>Володимир Сістук, Юрій Монастирський</i> .....	31
Безпека перевезень, як чинник впливу на попит послуг автомобільного транспорту <i>Вікторія Каращук</i> .....	33
Оцінка ризиків імплементації плану сталої міської мобільності м. Львова <i>Максим Афонін, Микола Постранський, Станіслав Фіняк</i> .....	34
Безпека руху колон автомобілів через регульовані перехрестя <i>Петро Грицишин, Андрій Куйбіда, Андрій Шатковський</i> .....	38
Розвиток транспортної мережі міст в контексті цілей сталого розвитку <i>Роман Качмар</i> .....	41
Вплив інтенсивності руху транспортного потоку на тривалість транспортної затримки <i>Тарас Постранський, Андрій Вельган</i> .....	44
Координація роботи локальних світлофорів і розвиток систем управління дорожнім рухом <i>Володимир Шевченко</i> .....	47
Підвищення ефективності роботи складних перехресть шляхом заборони лівоповоротних маневрів <i>Роман Бойків, Жанна-Марія Анур'єва, Олег Мусянович</i> .....	50

---

Вплив пішохідних потоків на параметри координованого управління рухом <i>Юрій Євчук</i> .....	53
Вплив автомобільного транспорту на довкілля та дорожньо-транспортні пригоди <i>Юрій Стець, Катерина Фурман, Мар'ян Гіць</i> .....	56
Про новий підхід до розрахунку зсуву початку циклів роботи світлофорів у планах координації <i>Іван Литвиненко, Петро Горбачов, Валерія Марченко</i> .....	59
<b>СЕКЦІЯ 2. ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ТА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ВОДІЯ</b>	
Структурна оптимізація мультимодальних маршрутів доставки вантажів <i>Мирослав Оліскевич, Віктор Данчук</i> .....	63
Модельовання функції тяжіння при формуванні матриці кореспонденцій транспорту <i>Юрій Давідіч, Андрій Галкін, Наталія Давідіч</i> .....	66
Порівняльна оцінка середньої тривалості очікування пасажирів на зупинці громадського транспорту <i>Володимир Ковалишин, Владислав Зелемський</i> .....	67
Характеристика нового та базового методів реалізації інтервальної концепції <i>Владислав Івахнік</i> .....	70
Оцінка впливу обсягу перевезень вантажів на ефективність транспортного процесу <i>Вікторія Дорошук, Іванна Бережняк, Анатолій Коваль</i> .....	71
Управління міськими автобусними перевезеннями на основі логістичних принципів <i>Сергій Чуйко, Олександр Кравченко, Володимир Шумляківський</i> .....	73
Дослідження помилок водія з урахуванням психофізіологічних особливостей <i>Олексій Прасолєнко, Віталій Чумаченко</i> .....	76
Актуальність дослідження тривалості руху автобусів у містах <i>Володимир Гілевич, Олена Гнатів, Степан Калин</i> .....	78
Особливості оцінки ризиків при доставці сільськогосподарських вантажів <i>Дмитро Музильов, Микола Карнаух, Олексій Павленко</i> .....	79
Людський чинник у питанні безпеки руху <i>Сергій Буряк, Оксана Гололобова</i> .....	81
Взаємозв'язок основних параметрів логістичної системи доставки вантажів <i>Вікторія Сморковська</i> .....	84
Про розвиток комбінованих вантажних перевезень <i>Сергій Гревцов, Олег Возняк, Олексій Кіцул</i> .....	86
До питання побудови моделі ефективного ланцюга постачання <i>Володимир Товарянський</i> .....	90
Зміна обсягів перевезень вантажів та пасажирів, як наслідок військової агресії <i>Вікторія Каращук</i> .....	92
Особливості пасажиропотоку через держкордон львівської області <i>Вікторія Михайляк, Микола Жук</i> .....	94
Аналіз стану вантажних перевезень в Україні за 2022 рік <i>Романа Бура, Захар Садовий, Маргарита Федорович</i> .....	96

---

Методика оперативного планування міських вантажних перевезень <i>Дмитро Борисюк</i> .....	98
Вплив оптимізації транспортних потоків на економічну ефективність логістичних ланцюгів промислових підприємств <i>Марина Хара, Ірина Ніколаєнко, Віталій Сосновський</i> .....	102
Енергоефективність транспортних технологій під час обслуговування виробничих об'єктів промислових підприємств <i>Ганна Маслак, Олександр Красулін</i> .....	104
Оцінка завантаженості зони міського громадського транспорту у транспортно-пересадковому вузлі <i>Степан Денькович, Данило Бойко, Галина Півторак</i> .....	107
Функціонування громадського транспорту під час воєного стану <i>Іванна Гіць, Дзвенислава Кадюк</i> .....	109
<b>СЕКЦІЯ 3. РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ Й ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ</b>	<b>111</b>
Визначення розрахункових обсягів роботи залізничного транспорту промислових підприємств <i>Дмитро Козаченко, Анатолій Верлан, Микола Березовий, В'ячеслав Малашкін</i> .....	111
Організація пасажирських залізничних перевезень на ділянці зі сумщеною колією Нижанковичі-Старжава <i>Богдан Гера, Юлія Германюк, Василь Матвійів</i> .....	114
Перспективні напрямки розвитку туристичного маршруту транскордонного співробітництва у львівській області <i>Юлія Лесів, Віталій Ковальчук</i> .....	117
Управління конкурентоспроможністю автотранспортного підприємства <i>Микола Маяк</i> .....	120
Вдосконалення динамічних показників роботи фрикційних гасителів коливань <i>Максим Ковтанець, Тетяна Ковтанець, Марина Вакулік</i> .....	123
Планування розміщення вагонів під навантаження металопрокату на підприємстві <i>Олена Кіріцева</i> .....	125
Ефективність застосування методів машинного навчання для прогнозування витрат палива при перевезенні вантажів <i>Вікторія Котенко</i> .....	127
Краудшипінгові ініціативи на громадському транспорті для забезпечення стійкості системи доставки <i>Андрій Галкін</i> .....	131
Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами транспортних засобів у містах <i>Катерина Вакуленко, Надія Соколова</i> .....	133
Перспективи використання технології BIG DATA у системі технічного обслуговування та ремонту локомотивів промислового підприємства <i>Максим Тимофєєнко</i> .....	137
Підвищення ефективності роботи транспортно – вантажного комплексу <i>Вадим Дженчако</i> .....	140

Моделювання розподілу теплових потоків в елементах барабанних гальм автомобілів <i>Густав Гудз, Михайло Глобчак</i> .....	143
Обґрунтування альтернативної системи керування автомобільними кран-маніпуляторами <i>Олег Сукач, Юрій Габрієль, Віктор Шевчук</i> .....	144
Про оптимізацію режимів роботи світлофорів з урахуванням пріоритету рейкового транспорту <i>Артур Ренкас, Іван Паснак</i> .....	147
Аналіз загазованості міських вулиць транспортом та визначення напрямів її зниження <i>Микола Бойків, Богдан Гачко, Юрій Франт</i> .....	150
Підвищення безпеки руху поїздів шляхом безперервного контролю електромагнітних завад в струмі АЛСН <i>Володимир Гаврилюк, Олег Возняк, Костянтин Радзіховський</i> .....	152
Впровадження сучасної системи супутникового моніторингу вантажоперевезень автотранспортом <i>Євген Прусський, Ігор Вікович</i> .....	155
Штучний інтелект у громадському транспорті <i>Іван Слатов, Ігор Мурований</i> .....	158
Транспорт як екологічна складова міста Львова <i>Вікторія Телюк, Тарас Харчишин</i> .....	160
Вплив коефіцієнта перекриття на температурний режим дискового гальмового механізму <i>Юрій Остаішук</i> .....	163
Вплив умов тепловіддачі на розподіл теплових потоків в елементах гальмових механізмів <i>Любов Остаішук, Юрій Остаішук</i> .....	164
Перевезення вантажів автопоїздами <i>Ігор Вікович, Всеволод Приходько</i> .....	165

## **СЕКЦІЯ 1. УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, БЕЗПЕКОЮ ТА ОРГАНІЗАЦІЄЮ РУХУ**

УДК 331.103.226

### **УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПЕРСОНАЛУ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

MANAGEMENT OF STAFF DEVELOPMENT OF  
AUTO TRANSPORT ENTERPRISES

**Георгій Прокудін, Ірина Лебідь, Олексій Чупайленко**

*Національний транспортний університет  
вул. Омеляновича-Павленко, 1, м. Київ, 01001*

*The personnel management technology of the motor vehicle enterprise has been improved using innovative methods that, unlike the existing ones, connect the employee's behavior with the main parameters of the mass service system, which allows managing the results of the enterprise's activities through the formation of personnel behavior.*

Ефективність організації транспортного процесу та управління ним, і, зрештою, подальший розвиток автомобільного транспорту значною мірою визначається підготовкою висококваліфікованих інженерів, які володіють науковою теорією. Теорія транспортного процесу розглядає властиві йому закономірності та методи оптимізації. За підсумками цієї теорії будується організація перевезень, здійснюється управління нею [1,2].

У той же час треба відмітити, що сучасний стан автомобільного транспорту країни не дозволяє достатньою мірою виконувати завдання, що стоять перед ним. Багато в чому, це пов'язано з існуючою кризою, неузгодженістю економічних інтересів галузі та клієнтури, неповною відповідністю типу та структури парку автомобілів нагальним потребам перевезень, не достатньо розвиненою виробничою базою автотранспортних підприємств та іншим [3].

Оптимізація області найму персоналу дозволяє істотно скоротити витрати на цю роботу, зробити найм своєчасним, результативним, надійним, економічним, простим та зручним. У кризовий час важливо звернути особливу увагу проблемам підбору персоналу на вакантні посади.

Система пошуку, відбору нових співробітників покликана з високим ступенем ймовірності передбачати професійну успішність кандидатів, даючи можливість відбирати найперспективніших працівників та сприяти своєчасному заповненню вакансій в організації.

Дослідження показали, що потрібно частіше використовувати внутрішні джерела організації (внутрішні джерела за наймом становлять більше 17% від загальної кількості), оскільки набір за рахунок внутрішніх резервів фірми вважається дуже ефективним. Підвищує зацікавленість працівників у фірмі, покращує моральний клімат у колективі.

Потрібно також частіше користуватися послугами кадрових агентств, які професійно займаються пошуком відповідних кандидатів, а також використовувати галузеві чи



тематичні виставки, ярмарки вакансій, які становлять лише 5% від загальної кількості джерел найму персоналу.

Рекомендується скоротити використання рекомендацій друзів та родичів на користь вищезгаданих джерел найму. Спробувати наймати на роботу студентів, серед них є багато грамотних майбутніх фахівців. Це можна виявити у під час раціонального відбору та підбору.

Розглядаючи автотранспортне підприємство, як систему масового обслуговування, потрібно зрозуміти, що система не може працювати без людини. Саме тому виникає необхідність застосування інноваційних методів і прийомів для мінімізації впливу «людського чинника» на ефективність роботи системи.

За допомогою експертної оцінки виділено основні фактори, які дозволяють формувати ефективну поведінку персоналу автотранспортних підприємств. На цьому побудовано систему показників, яка дозволяє пов'язувати чинники, що впливають на поведінку працівника, з результатами діяльності підприємства, як системи масового обслуговування.

Удосконалено технологію управління персоналом автотранспортного підприємства з використанням інноваційних методів, які, на відміну від існуючих, пов'язують поведінку працівника з основними показниками роботи системи масового обслуговування, що дозволяє управляти результатами діяльності підприємства через формування поведінки персоналу.

### **Література**

1. Liker, J. K. (2020). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. 1st Edition. McGraw-Hill Education, 448 p.*
2. Microsoft Corporation (2008). *Human Resources Management Self Service Suite. Canadian Release. URL: <https://mbs.microsoft.com/downloads/public/BP10Docs/HRMCanadian Relel. pdf>*
3. Маселко Т.Є., Шевченко С.Г. *Проблеми управління транспортно-логістичними системами України та перспективи розвитку в контексті європейської інтеграції. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. 2017. Вип. 12. С. 301-305*

**УДК 656.13**

## **ЩОДО ЗАТРИМОК АВТОМОБІЛІВ НА ВУЛИЦЯХ МІСТА**

### **REGARDING CAR DELAYS ON THE STREETS OF THE CITY**

**Євген Форнальчик**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*An attempt has been made to analyze the concepts and content of vehicle delays used in scientific publications on city streets. An example of the use of this concept and its assessment for signalized intersections is given.*

Є безліч вітчизняних і закордонних наукових публікацій, у яких досліджуються особливості руху транспортних засобів (ТЗ) по вулично-дорожній мережі (ВДМ) міст та оцінюється ефективність функціонування її. За визначальний критерій оцінки беруться або мінімізація заторів, або ж затримок ТЗ. Відомо, що, загалом, перше з другим тісно пов'язані

між собою. Виникнення заторів на ВДМ не завжди можна однозначно пояснити і передбачити місця та час їх виникнення, оскільки природа руху ТЗ у транспортних потоках (ТП) стохастична, числові характеристики якої визначаються імовірнісними показниками. Йому явище виникнення заторів відповідної довжини на різних ділянках ВДМ важко і погано прогнозоване, бо вони настільки не постійні і стохастично динамічні, особливо для ранкових та вечірніх пікових періодів. Отже, вести мову про конкретні втрати часу (не як детермінованих, а імовірнісних величин) учасників дорожнього руху на цих ділянках у зазначені періоди доби з причин заторів потрібно, проаналізувавши спочатку можливі варіанти місць їх виникнення.

Передовсім варто пригадати означення «транспортна затримка», «затримка ТЗ», «затримка ТП». У різних публікаціях вони трактуються так:

- транспортна затримка – це витрати часу різними видами транспорту, які проїжджають за відповідними маршрутами;
- затримка ТЗ визначає витрати часу ним на проїзд за відповідним маршрутом;
- затримка ТП – це витрати часу ТП різних структур, які проїжджають за відповідним маршрутом.

Крім цього, розрізняють «затримки руху», «затримки на перегоні», «затримки на перехресті», «затримки усереднені»: перші – це втрати часу при проходженні маршруту зі швидкістю нижчою від оптимальної; другі – пов'язані з маневруванням ТЗ, коли перенасиченні ТП; треті – пов'язані з пропуском ТЗ з інших напрямів та з простоями на заборонний сигнал; четверті – опосередковані значення затримок усіх другорядних напрямків.

Звісно, що розглядати тут затримки ТЗ через сповільнення руху ТП, з причин ДТП не будемо, оскільки перше має місце навіть за вільного руху (у т.ч. поодиноких ТЗ) і це природний процес (керує ним водій); друге – це надзвичайно рідкісне явище і науковому дослідженню не підлягає з позицій масовості. Також не потрібно брати до уваги втрати часу через проїзди ТЗ штучних засобів сповільнення руху («лежачі поліцейські»), які призначені для зниження рівня аварійності на окремих ділянках ВДМ.

До найвідоміших чинників, які впливають на затримки віднесемо: а) особливості конфігурації ВДМ (у горизонтальному та вертикальному планах); б) геометричні параметри проїзних частин; в) типи і якість дорожніх покриттів; г) кількість перехресть (регульованих, нерегульованих, саморегульованих); д) наявність/відсутність регульованих і нерегульованих пішохідних переходів; е) відстані між ними; є) наявність/відсутність зупинок громадського транспорту на прогонах між перехрестями; ж) інтенсивність та структури ТП; з) наявність у ТП різних типів ТЗ з неоднаковими технічними характеристиками.

З урахуванням дії перелічених чинників різні дослідники по-різному визначають тривалості затримок. Оскільки характерними і найуразливішими є перехрестя, то обмежимося тут аналізом цих затримок, пов'язаних з проїздом ТЗ спочатку регульованих. Так, для оцінки затримок майже усі дослідники враховують імовірнісні процеси підходу ТЗ до перехресть, посилаючись на праці Ф.Вебстера, який враховував при цьому потоки насичення, потім на вдосконалення А.Міллера та інших дослідників. У пізніших роботах беруться до уваги пішохідні потоки, які, звісно видовжують тривалості затримок ТЗ і ТП. Застосовується і системний підхід з урахуванням оптимізації світлофорних циклів. Відомі також американська та канадська методика для розрахунку тривалості затримок, в основі яких також напрацювання згаданих попередників, Сюди ж можна додати оригінальну методику розрахунку середніх затримок одного ТЗ за Т.М.Метсоном. Усі ці напрацювання можна віднайти як для жорсткого, так і гнучкого світлофорного циклу й координованого регулювання.

Крім цього, для відособлених від регульованих перехресть пішохідних переходів розглядається і вплив потоків пішоходів, рух яких через проїжджу частину не регулюється, але перевага їх над ТЗ надається. Є окремі результати дослідження і щодо визначення затримок міських автобусів, які проїжджають регульовані перехрестя, у т.ч. на виділених смугах руху. Наголошується на тому, що проїзд ТЗ таких перехресть у пікові періоди завжди супроводжується утворенням черг, але не завжди це явище можна вважати таким, що зумовлює затримки. Якщо перед світлофором сформувалася черга з більше п'яти ТЗ, то для них, які першою «пачкою» проїдуть на дозволений сигнал – це не затримка, а обов'язкова додаткова компонента технологічного процесу долаття ними перехрестя. Додаткова, оскільки весь решта рух, наприклад, до кінця маршруту чи до наступного перехрестя – це основна компонента. Усі інші ТЗ, які стоять за цими п'ятьма ТЗ і не встигли проїхати перехрестя, продовжують очікувати на дозвільний сигнал. Власне щодо них, то ці простої можна віднести до категорії затримок. Тобто затримки перед регульованими перехрестями потрібно диференціювати – для тих «пачок» ТЗ, які першими під'їхали до стоп-лінії і на дозвільний сигнал відразу ж долають перехрестя, для них затримка не зараховується; для інших, які за цією «пачкою» – це затримка.

Останнім часом у дослідженні затримок ТЗ почали розглядати у рамках функціонування системи ВАДС та з урахуванням впровадження АСУД, у якій є відповідне програмне забезпечення, що працює на основі інформації з транспортних детекторів й розраховує режими світлофорного регулювання. На підставі результатів вдається адаптувати роботу останніх до змін інтенсивності транспортних потоків й наближати до можливих мінімумів тривалості затримок і черги перед світлофорними об'єктами.

УДК 656.13

## ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ОБМЕЖЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТУ В МІСТАХ

DIFFERENTIATED LIMITING THE MAXIMUM SPEED OF VEHICLES TRAFFIC IN CITIES

Сергій Янішевський, Оксана Білоног, Інна Виговська

*Національний транспортний університет,  
вул. Омеляновича-Павленка 1, м. Київ, 01010*

*Reducing vehicle speeds is one of the most effective ways to improve overall road safety. Currently, there are no clear recommendations for differentiating the maximum speed limits on certain sections of the street and road network of Ukrainian cities. Based on the results of a combined assessment of the density of conflict and the level of activity of the main categories of road users, recommendations for choosing the values of this limit in the range from 30 to 60 km/h are determined.*

Одним з найбільш ефективних способів підвищення безпеки дорожнього руху є зниження швидкості пересування транспортних засобів (ТЗ), оскільки вона є ключовим чинником не лише загального ризику скоєння дорожньо-транспортних пригод (ДТП), але і тяжкості їх наслідків. При виникненні будь-яких перешкод чи небезпек для руху

пересування ТЗ з високою швидкістю, з одного боку, призводить до зменшення резерву часу для відповідного реагування водія (наприклад, натискання на гальма чи відворот керма), а з іншого – до збільшення гальмівного шляху ТЗ. Крім того, при значних швидкостях погіршуються умови периферійного сприйняття водіями дорожньої обстановки, а тому вони мають меншу ймовірність побачити або передбачити потенційні конфлікти (наприклад, людей, які перетинають проїзну частину, чи наявність дітей, що граються).

Численними дослідженнями багатьох європейських та американських фахівців було доведено, що ризик смертельного травмування пішохода при наїзді ТЗ безпосередньо залежить від швидкості руху останнього – якщо при швидкості ТЗ 30 км/год ймовірність такого травмування становить 5%, то за швидкості 50 км/год вона збільшується утричі (15%), а за швидкості 70 км/год зростає до 40% (рис. 1).

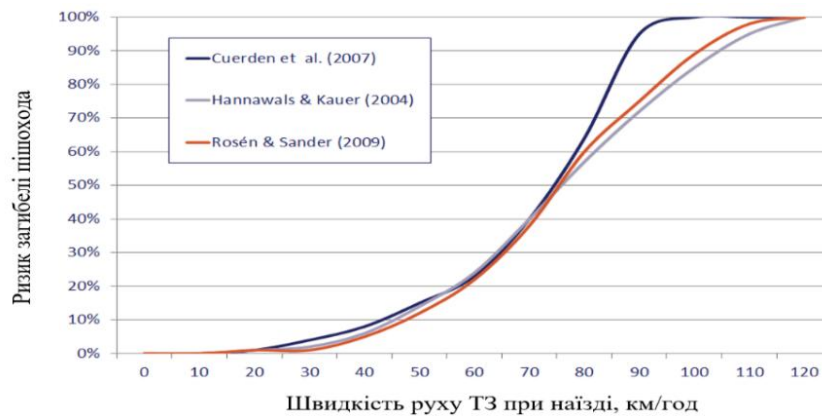


Рис. 1. Ризик загибелі пішохода за різних швидкостей наїзду ТЗ [1]

Інженерно-технічний підхід до управління швидкістю ТЗ передбачає різноманітні заходи, спрямовані на її обмеження (насамперед – регламентація максимальних значень та заспокоєння дорожнього руху), а також заходи психологічного впливу.

Сьогодні дозволена швидкість руху ТЗ в містах (населених пунктах) України регламентована вимогами Правил дорожнього руху (ПДР). Визначено два постійні показники: загальне обмеження 50 км/год (п.12.4 ПДР) та 20 км/год – для пішохідних (житлових) зон (п.12.5 ПДР) [2]. Можливість застосування інших значень постійного обмеження швидкості також передбачено, проте відповідні величини не конкретизовані:

- на ділянках, де створені такі дорожні умови, що дають можливість рухатися з вищою швидкістю (п. 12.8 ПДР);
- на небезпечних ділянках, місцях розміщення наземних нерегульованих пішохідних переходів чи розташування дорожніх станцій патрульної поліції, а також на ділянках доріг (вулиць), прилеглих до території дошкільних та загальноосвітніх навчальних закладів, дитячих оздоровчих таборів (п. 12.10 ПДР) (очевидно, йдеться про місця доцільного зменшення дозволеної швидкості руху ТЗ).

З метою дослідження питання щодо визначення диференційованих (відмінних від загального показника 50 км/год) значень обмеження максимальної швидкості ТЗ в містах України, які, з одного боку, забезпечують належний рівень ефективності дорожнього руху, а з іншого – мінімізують потенційні ризики для вразливих його учасників (насамперед – пішоходів і велосипедистів), були розглянуті рекомендації щодо вибору аналогічних обмежень в містах США за результатами досліджень National Association of City Transportation Officials (NACTO) [3].

Визначення конкретного значення обмеження максимальної швидкості ТЗ в рамках реалізації прийнятого варіанту управління рухом передбачає проведення дослідження, що складається з чотирьох основних компонентів (етапів):

- збір початкових даних (стан ділянки та показники аварійності на ній);
- аналіз умов руху, що існують, для всіх присутніх на даній ділянці (зоні) його учасників;
- визначення раціонального варіанту управління швидкістю ТЗ;
- оцінка змін (порівняння даних до та після впровадження).

Визначальним з точки зору встановлення вищевказаного конкретного обмеження є аналіз умов руху на ділянці, при проведенні якого враховують два базові чинники:

- частота виникнення потенційних конфліктів (щільність конфліктів) між ТЗ та пішоходами (велосипедистами), яка залежить від ступеня фізичного їх відокремлення та щільності (кількості) місць можливого утворення конфліктів (перехресть, переходів, тощо);
- рівень активності, який впливає на швидкість виникнення потенційних конфліктів та залежить від поточного завантаження досліджуваної ділянки рухом всіх категорій учасників та перспектив його зростання.

Типові варіанти (моделі) фізичного відокремлення у міських умовах:

1. Відокремлення відсутнє або недостатнє (тротуарів немає або ж вони безпосередньо межують з рухомими ТЗ; дозволений велосипедний рух здійснюється тротуаром разом з пішоходами або ж в межах виділеної спільної смуги разом з ТЗ).
2. Помірне відокремлення (облаштований відокремлений тротуар та/або наявна окрема смуга для завантаження/паркування ТЗ; дозволений велосипедний рух в межах облаштованої велосмуги чи велодоріжки; за їх відсутності – наявність повноцінного (широкого) тротуару з можливістю проїзду велосипедистів).
3. Повне відокремлення (облаштований відокремлений тротуар, дозволений велосипедний рух в межах вертикально та горизонтально захищеної (відокремленої) велодоріжки чи доріжки/смуги спільного вело-пішохідного руху; пасажирів, які здійснюють посадку-висадку з ТЗ, знаходяться поза межами основної проїзної частини).

Типові варіанти (моделі) розташування місць можливого створення конфліктів для велосипедистів, пішоходів та автотранспорту:

1. Висока щільність (наявність т.з. «коротких кварталів» – три чи більше перехрестя (регульовані чи нерегульовані), примикання, переходи, переїзди або інші місця перетину проїзної частини на кожних 400 м ділянки ВДМ).
2. Помірна щільність (один-три вищевказаних об'єкти на такій ділянці).
3. Низька щільність (вищевказаних об'єктів в межах ділянки довжиною 400 м немає).

Рівень активності впливає на швидкість виникнення потенційних конфліктів на будь-якій ділянці ВДМ. На більшості міських вулиць активність або висока, або помірна. Для визначення конкретних оціночних показників активності необхідно враховувати місцеві умови та досвід попередньої реалізації заходів щодо обмеження максимальної швидкості ТЗ:

1. Висока активність. Вулиці зі значною фактичною (очікуваною) пішохідною активністю, з наявними центрами тяжіння населення, популярними зараз чи в перспективі велосипедними маршрутами, високим попитом на паркування та значною щільністю зупинок громадського транспорту (центр міста; ділові райони; торговельні квартали; житлові вулиці з високою щільністю забудови).

2. Помірна активність. Вулиці з помірною пішохідною активністю та використанням громадських просторів, незначним велосипедним рухом, можливістю паркування для посадки /висадки пасажирів та наявними зупинками транзитного громадського транспорту (житлові вулиці з середньою щільністю забудови; вулиці зі наявними закладами роздрібною торгівлі; ділянки змішаного використання різними категоріями учасників руху).
3. Низька активність. Вулиці з мінімальною очікуваною кількістю пішоходів та велосипедистів, низьким попитом на паркування та відсутністю (незначною кількістю) зупинок громадського транспорту (промислові та житлові вулиць з низькою щільністю забудови).

Підсумкові рекомендації щодо вибору диференційованих значень обмеження максимальної швидкості ТЗ на окремих ділянках вулично-дорожньої мережі міст України за результатами оцінки щільності конфліктів та рівня активності наведені на рис. 2.

		КОНФЛІКТНІСТЬ		
		Висока	Помірна	Низька
АКТИВНІСТЬ	Висока	30 км/год	30 км/год	40 км/год
	Помірна	30 км/год	40 км/год	50 км/год
	Низька	40 км/год	40 км/год	60 км/год

Рис. 2. Рекомендації щодо вибору обмеження максимальної швидкості ТЗ в містах

Зауважимо, що практичне впровадження таких обмежень швидкості має супроводжуватись ефективним контролем водіїв ТЗ щодо їх дотримання. Також потрібно пам'ятати, що водії зазвичай повільно пристосовуються до змін обмежень швидкості, а тому фахівці та громадськість повинні бути готовими до певного «часу затримки» між впровадженням таких змін та його позитивними наслідками (наприклад, зменшенням кількості ДТП за участю пішоходів та велосипедистів, а також зниженням тяжкості їх наслідків).

## Література

1. *Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed.* Author Erik Rosén, Helena Stigson, Ulrich Sander. *Accident Analysis & Prevention Volume 43, Issue 1, January 2011, Pages 25-33.* Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.04.003>
2. *Правила дорожнього руху (затверджені Постановою КМ України від 10 жовтня 2001 р. № 1306, зі змінами і доповненнями).* (Електронний ресурс). Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/KP011306>
3. *National Association of City Transportation Officials. City-limits. Setting Safe Speed Limits on Urban Streets. Summer 2020, 50 p.* Retrieved from <https://nacto.org/publication/city-limits>

УДК 656.13

## ПРО ЗАЛУЧЕННЯ ПРЯМИХ ІНОЗЕМНИХ ІНВЕСТИЦІЙ У ТРАНСПОРТНУ ІНФРАСТРУКТУРУ УКРАЇНИ

ABOUT THE ATTRACTION FOREIGN DIRECT INVESTMENT  
IN THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE

**Валентина Пузікова**

*Ганноверський університет імені Готфріда Вільгельма Лейбніца  
KonigswortherPlatz 1, м. Ганновер, Німеччина, 30167*

*The paper studies the present situation and importance of Foreign Direct Investment in Ukraine, in particular transport sphere.*

The Russian invasion of Ukraine has forced Ukraine to rethink the approach towards investment policy and international aid. An important area of the following renovation and rebuilding process in Ukraine after war is an investment activity. Nowadays, political and economic development of Ukraine aimed at the EU's integration and the formation of a developed market economy. The attraction of foreign investment is among state priorities in Ukraine.

The visualization of the present situation of foreign direct investment, its new inflows in Ukraine we can see on the below map (USD, bn.) (Fig. 1). The data taken from the World Bank [1].

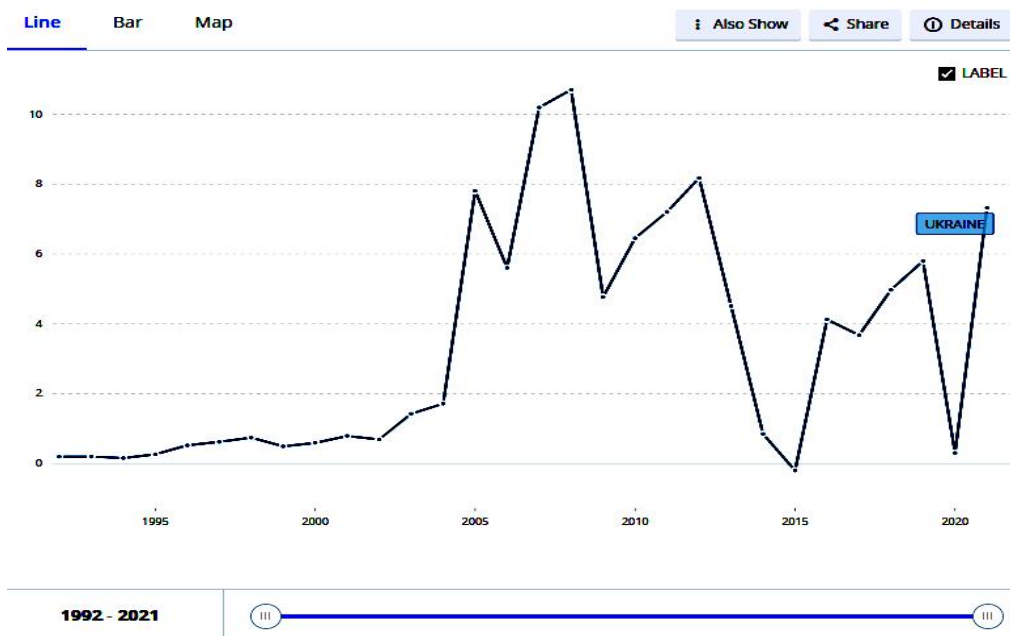


Fig. 1. The FDI, net inflows to Ukraine (current USD) [1]

According to the Law of Ukraine "On the regime of foreign investment" [2], foreign investments in Ukraine mean all kinds of values that invested by some foreign investors in investment objects activities in accordance with the current legislation of Ukraine. There are 2 types of the FDI are the FDI (foreign direct investment) and FPI (foreign portfolio investment).

Foreign investments can play one of the important roles in economic development of Ukraine. Net inflows of FDI of GDP (Gross Domestic Product) in Ukraine have not great streams in percentage, though they could play a real great role in the increasing GDP processes.

But they play a great role in the development of its transport infrastructure structure, that is nowadays old and does not correspond to modern world and European standards requirements. FDI give transport sector the possibilities of the initial capital investments for renewal of fixed assets and development of transport infrastructure.

But, nowadays there is a problem of ineffective use of investment potential during long time from the independence time of Ukraine that is connected with political and economy instability, lack of legislative framework and its constant changes, high level of corruption and bureaucracy, absence of invest insurance system and influence of the war. Despite, that in 2021 the National Strategy to increase FDI was adopted; in 2018 the Law aimed at more transparency was adopted and new changes in the legal system: new tax reductions, import customs duties exemptions entered into force, the level of investment (FDI inflows) in Ukraine is not high.

Dynamics of FDI (net inflows) in Ukraine 2015-2021 by sectors, millions USD presented below (Fig. 2). [3].

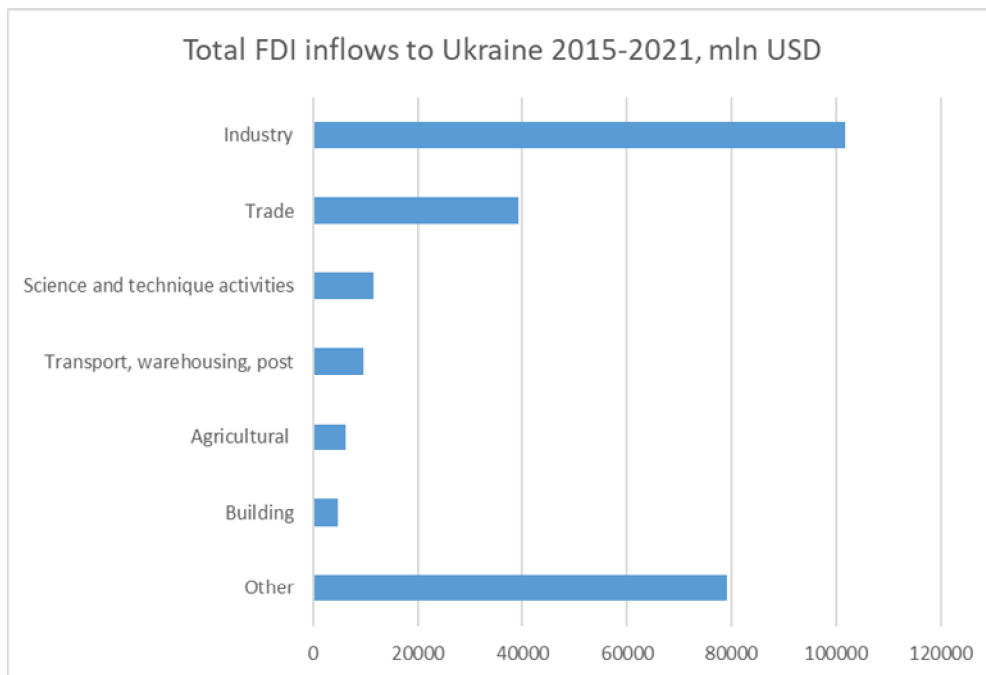


Fig. 2. Total FDI Inflows to Ukraine 2015 to 2021 (million USD) [3]

FDI is a significant factor that influences the rate of economic growth of Ukraine as a whole, is a base for the international partnership and cooperation and development social and technology innovative effect. And also is an important mechanism of the development the transport sector in Ukraine. That's why we should think about the effective mechanism for attraction FDI in it.

### Література

1. The World Bank, 2023. Foreign direct investment, net inflows (BoP, current US\$) – Ukraine | Data (worldbank.org)
2. Law of Ukraine "On the regime of foreign investment", 2022.
3. Прорежиміноземногоінвест... | від 19.03.1996 № 93/96-ВР (rada.gov.ua)
4. Data of the National bank of Ukraine, 2023 – Статистиказовнішньогосектору (bank.gov.ua)



УДК 656.1

## УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

TRANSPORTATION SYSTEMS DEVELOPMENT MANAGEMENT BASED  
ON THE ANALYSIS OF THEIR SOCIO-ECONOMIC EFFICIENCY

**Наталія Костьян<sup>1</sup>, Петро Матейчик<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Черкаський державний технологічний університет,  
буль. Шевченка, 333, м. Черкаси, 18005

<sup>2</sup> Національний транспортний університет,  
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010

*An approach to managing the development of the transport system based on a cascade assessment of the socio-economic efficiency of the system is proposed. The mathematical formulation of the optimization problem for setting the system parameters has been completed.*

В умовах зростання рівня автомобілізації населення, розвитку відповідної інфраструктури актуальними залишаються дослідження, спрямовані на розробку методів та технологій управління транспортними системами різної конфігурації. В межах відповідних досліджень науковці використовують різні підходи, що спираються на запропоновані структури транспортної системи (ТС), які загалом можуть відрізнитись за складом основних елементів або їх характеристик відповідно до поставлених стратегічних цілей та оперативних завдань. Метою цього дослідження є розробка узагальненого підходу до управління ТС на заданому рівні деталізації з врахуванням каскадної оцінки ефективності її поточного стану.

Запропонований підхід передбачає використання комплексного індикатору соціально-економічної ефективності на заданому ( $n$ -му) рівні деталізації ТС, який визначається за правилом згортки зважених комплексних індикаторів попереднього рівня:

$$I(n) = \sum_{j=1}^m b_j I_j(n-1), \quad (1)$$

де  $I(n)$  – комплексний індикатор соціально-економічної ефективності ТС  $n$ -го (узагальненого) рівня;  $I_j(n-1)$  – комплексний індикатор соціально-економічної ефективності  $j$ -го сегменту ТС на  $(n-1)$ -му рівні деталізації;  $b_j$  – вага  $j$ -го індикатору на  $(n-1)$ -му рівні.

Відповідно до формули (1), процедура визначення комплексного індикатору соціально-економічної ефективності заданого рівня є рекурсивною. Для її проведення необхідно отримати оцінки всіх складових ТС, що відповідають глибині деталізації відповідної транспортної мережі. На 0-му рівні деталізації (мікрорівень) індикатори ТС описують її стан на ділянках визначеного типу: лінійних або вузлових. Отримані значення індикаторів оцінених ділянок згортаються в індикатори системи, що відображають стан крупніших сегментів: підсистем міських та міжміських сполучень (макрорівень). Процес узагальнюється для систем регіонального та державного значення (метарівень). Як і для будь-якої рекурсивної процедури, операція найчужчого рівня є базовою. Тому оцінювання соціально-

економічної ефективності на рівні окремих ділянок ТС міста є найбільш вагомою в межах такого дослідження. За умови недостатньої кількості ресурсів, необхідних для оцінювання окремих ділянок транспортної мережі, базовий рівень системи можна змістити на вищий рівень, наприклад рівень районів міста, або цілого населеного пункту. ТС складається з функціональних елементів, кожен з яких характеризується набором морфологічних ознак. Окремий  $j$ -й сегмент транспортної мережі з заданим набором ознак можна розглядати як  $j$ -ту конфігурацію системи на відповідному рівні. Зміст комплексного індикатору ефективності ТС на базовому рівні розкривається у поєднанні економічної та соціальної складових ефективності досліджуваних функціональних елементів системи, що представлені відповідними частковими індикаторами. Таким чином,  $j$ -й базовий індикатор соціально-економічної ефективності системи можна представити таким чином:

$$I_j(0) = \sum_{k=1}^p \sum_{s=1}^{r_k} a_{ks} I_{ks}^j(0), \quad (2)$$

де  $I_j(0)$  – комплексний індикатор соціально-економічної ефективності ТС, що перебуває в  $j$ -й конфігурації на базовому рівні;  $I_{ks}^j(0)$  –  $s$ -й частковий індикатор ефективності  $k$ -го функціонального елемента ТС на базовому рівні в  $j$ -й конфігурації;  $a_{ks}$  – вага  $s$ -го часткового індикатору ефективності  $k$ -го функціонального елемента;  $p$  – кількість функціональних елементів ТС;  $r_k$  – кількість часткових індикаторів  $k$ -го функціонального елемента.

Кожен частковий індикатор  $I_{ks}^j(0)$  виражається через параметри системи, що однозначно відповідають морфологічним ознакам її функціональних елементів. Окремі функціональні елементи за певних умов можуть входити до складу різних морфологічних моделей, тому при їх оцінюванні доречно об'єднати істотні ознаки зазначених моделей. Масштаби вдосконалення ТС обмежені наявними ресурсами. Тому управління розвитком ТС вимагає налаштування вектору параметрів підсистем базового рівня  $X_0$  методом розв'язання задачі (3)-(4) за визначених порогових значень індикаторів нижніх рівнів  $\theta_j(n-1)$  та цільового значення  $Tr$  узагальненого індикатору соціально-економічної ефективності ТС верхнього рівня за заданих обмежень  $g_i(x_i)$ , де  $x_i$  – елементи вектору  $X_0$ .

$$I(n) \rightarrow Tr, \quad (3)$$

$$\begin{cases} I_j(n-1) \leq \theta_j(n-1), j = \overline{1, m_j} \\ I_v(0) = f_v(X_0, \theta_v), v = \overline{1, t_v} \\ g_i(x_i) \leq L_i, i = \overline{1, q} \end{cases} \quad (4)$$

За економічну складову комплексного індикатору в межах цього дослідження прийнято показник енергоефективності транспортних засобів  $In_{e.e}$ . Апробовані критерії енергоефективності можуть бути умовно поділені на дві групи: ті, що потребують безпосереднього визначення витрат енергії [1-2], та ті, що не потребують зазначених розрахунків. Для громадського пасажирського транспорту розроблено моделі витрат енергії з урахуванням потужності пасажиропотоку та виконаної транспортної роботи [3]. До другої групи можна віднести модель на основі безрозмірних коригуючих коефіцієнтів щодо базової витрати енергії. Соціальну ефективність транспортної системи відображають показники екологічного впливу  $In_{e.i}$  та безпеки  $In_s$ .

В процесі дослідження розроблено та апробовано моделі для оцінювання  $In_{e.e}$  функціонального елемента «Транспортний засіб» на лінійних сегментах вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Моделі побудовано на основі апарату нечітких множин та нейронних мереж з

точністю моделювання 98,8% та 98,7% відповідно. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення індикаторів ефективності ТС на прикладі вузлових сегментів ВДМ.

### Література

1. Ahn, K., Rakha, H., Trani, A., & Van Aerde, M. (2002). Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels. *Journal of Transportation Engineering*, 128(2), 182-190.
2. Du, J., Rakha, H. A., Filali, F., & Eldardiry, H. (2021). COVID-19 pandemic impacts on traffic system delay, fuel consumption and emissions. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(2), 184–196.
3. Костьян Н.Л. Комплексна оцінка енергоефективності міського пасажирського транспорту / Н.Л. Костьян // Вісник НТУ. Вип. 3(53). – К.: НТУ, 2022. – С. 178-185.

УДК 656.13

## ЗАТОРИ, СПРИЧИНЕНІ ЗРОСТАННЯМ АВТОМОБІЛІЗАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ

### CONGESTION CAUSED BY GROWING MOTORIZATION OF THE POPULATION

Ігор Хітров

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028*

*The article describes the impact of the growing number of vehicles on the functioning of urban space.*

Останніми роками, а особливо з початку 2000-х років, посилюється автомобільний рух і попит на транспорт спричинив серйозні затори, затримки, аварії та екологічні проблеми, насамперед у великих містах. Збільшений транспортний потік, перевантаженість стало справжнім викликом як для самих користувачів транспортних засобів, так і користувачів громадського транспорту, а також впливу на економічну ефективність і суспільство в цілому.

Швидке зростанням кількості автотранспорту спричинене різними факторами, такими як збільшення купівельної спроможності соціально-економічних класів із середнім рівнем доходу, більша доступність кредитів, відносно зниження цін і збільшення пропозиції вживаних транспортних засобів.

Зростання доступності транспорту дозволило збільшити індивідуальну мобільність, що в свою чергу призвело до росту заторів внаслідок зменшення пропускну здатності транспортної мережі. Хоча затори постійно збільшуються в більшій частині великих міст світу, і не важливо, розвинені вони чи ні. Все це вказує на те, що умови продовжуватимуть погіршуватися, становлячи постійну загрозу якості міського життя. Його основним проявом є поступове зниження швидкості руху, що призводить до збільшення часу в дорозі, споживання палива, інших експлуатаційних витрат та особливо призводить до забруднення навколишнього середовища порівняно з швидкозмінним транспортним потоком.

Приватні транспортні засоби мають переваги з точки зору полегшення особистої мобільності, вони створюють відчуття безпеки і навіть підвищеного статусу, особливо в

країнах, що розвиваються, проте вони є неефективним засобом перевезення пасажирів, оскільки в середньому в години пік кожен пасажир приватного автомобіля викликає приблизно в 11 разів більше заторів, ніж пасажир автобуса [1].

Очевидним наслідком заторів є збільшення часу в дорозі, особливо в пікові періоди, яке досягає рівнів, що значно перевищують допустимі в деяких містах. Крім того, постійні уповільнення темпу поїздки викликають обурення і нерідко агресивну поведінку водіїв.

Ще один результат – загострення забруднення навколишнього середовища. Його зв'язок із заторами – це аспект, який ще потребує глибшого вивчення, хоча позитивні результати вже отримані в деяких великих містах. Забруднення впливає на здоров'я всіх громадян, тому його необхідно підтримувати на належному рівні. Однак, окрім шкоди, завданої забрудненням на місцевому рівні, транспортні засоби також виділяють парникові гази, що додає глобальний вимір проблемі, який не можна ігнорувати.

Ситуацію в багатьох регіонах погіршують проблеми з проектуванням та утриманням доріг у містах, стилю водіння, який нерідко демонструє неповагу до інших учасників дорожнього руху, неправильною інформацією про умови дорожнього руху та невідповідне управління з боку відповідальних органів.

Крім перерахованого вище, існують інші важливі шкідливі наслідки, які потрібно враховувати, наприклад, більша кількість аварій, збільшення витрати палива на пройдену відстань і, загалом, вищі експлуатаційні витрати транспортних засобів. Ситуація ускладнюється тим, що затори стосуються не лише водіїв транспортних засобів, а й користувачів громадського транспорту, який полягає в тому, що затори підвищують ціни на проїзд [2].

За словами авторів [3] «...тим не менш, обмежений ступінь перевантаженості не може бути зовсім неприйнятним, краще терпіти певний рівень, ніж вживати заходів, які мають ще більшу вартість». Зрештою, затор є ознакою активності, і спроба його повної ліквідації може спричинити непропорційні інвестиції в мережу доріг, що може суттєво зашкодити різним іншим видам суспільно корисних підприємств. Хоча очевидно, що затори мають прямі негативні наслідки, вони також мають інші загальні та тривожні наслідки, які нагромаджуються у містах, які страждають від нього.

Перевантаженість заважає економічній ефективності міста, оскільки накладає додаткові витрати, які роблять усі види діяльності дорожчими та гальмують розвиток. У глобалізованому світі, де клієнти стають вимогливішими і є багато місць, які пропонують переваги для інвесторів, міста мають бути конкурентоспроможними як на національному, так і на міжнародному рівні. Для цього вони повинні звернути увагу та зменшити різні види витрат, у тому числі пов'язані з транспортом, такі як час у дорозі, споживана енергія, рівень забруднення повітря та кількість аварій. Хто б розпочав кампанію в місті, де час у дорозі нестерпний або де є сумніви, чи можна прибути вчасно для своїх щоденних завдань? [4]

Хоча затори можуть бути не єдиною причиною, вони можуть бути основним чинником виходу різних видів діяльності з традиційних міських центрів у пошуках умов, які дозволяють краще працювати. Є реальна небезпека, що центр може залишитися лише як місце розташування державних установ, малого бізнесу та малозабезпечених мешканців або навіть частково покинути, що призведе до видимого погіршення. Історичні центри, особливо в столиці, зберігають багату спадщину, яка заслуговує не тільки на збереження, але й на те, щоб залишатися актуальним і регулярно використовуватися.

У середньостроковій та довгостроковій перспективі затори можуть зробити спосіб життя міста нежиттєздатним. Надмірний час у дорозі, споживання палива та забруднення можуть переключити синергію, що виникає внаслідок концентрації послуг і можливостей, які пропонують міста.

Відмітимо, що затори не є проблемою, яку потрібно вирішувати лише технічними способами, їх вирішення повинно бути направлено в напрямку розвитку міського простору на благо мешканців. При розробці конкретних заходів необхідно враховувати їх різноманітний вплив на гармонійний міський розвиток та подбати про зменшення негативних наслідків.

Затори та його наслідки поступово стають всесвітньою гострою загрозою для сталості міст і потребують негайного вжиття відповідних заходів.

### **Література**

1. *Alberto Bull. Traffic congestion: The problem and how to deal with it. Santiago, Chile, 2003. P. 198.*
2. *Adeniyi Adetoye Olusanmi. Traffic Mitigation And Congestion In Ibadan, Oyo State Nigeria: Causes And Solutions. Dakota. 2021. P. 128.*
3. *Dawson J. and Barwell I. Roads are not enough: new perspectives on rural transport planning in developing countries. Intermediate Technology Publications, London, UK. 1993. 79 p.*
4. *Wheaton W. Land Use and Density in Cities with Congestion. Cambridge, Mass.: MIT Center for Real Estate, 1996.*

**УДК 656.18**

## **ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА МІКРОМОБІЛЬНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ**

### **FACTORS INFLUENCING MICROMOBILITY OF POPULATION**

**Анастасія Боцман, Денис Понкратов, Дмитро Рославцев**

*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002*

*This article classifies and reviews some factors including individual characteristics, temporal, spatial, weather and system factors and their influence on the use of micromobility.*

Мікромобільність є однією з ключових тем, яка стала актуальною в контексті сталого розвитку міст. Це поняття описує використання невеликих транспортних засобів, які можуть бути легко доступними для користувачів та забезпечувати зручний та економічний спосіб пересування містом. Порівняно з традиційним автомобільним транспортом, мікромобільність відкриває нові можливості для покращення мобільності. Втім, на відміну від автомобільного транспорту, який є універсальним, засоби мікромобільності мають свої особливості та обмеження, що можуть впливати на їх використання. Розуміння чинників, які впливають на використання мікромобільності, має вирішальне значення для підвищення якості та ефективності планувальних заходів щодо сталого розвитку міст.

Аналіз досліджень стосовно використання засобів мікромобільності, мотивації та уподобань користувачів [1-6] дозволив розділити сукупність чинників, які впливають на використання мікромобільності на такі групи: соціально-демографічні, часові, просторові, погодні та системні. Класифікацію цих чинників запропоновано у табл. 1.

Таблиця 1

## Чинники, які впливають на мікромобільність населення

Соціально-демографічні	Часові	Просторові	Погодні	Системні
<i>індивідуальні характеристики:</i> вік; стать; наявність дітей; освіта; зайнятість; дохід; наявність транспортних засобів <hr/> <i>загальні характеристики:</i> мета використання; частота користування; ставлення; мотиви користування; соціальні фактори; питання безпеки та охорони	<i>період часу:</i> час доби; день тижня; будні / вихідні дні; святкові дні; місяць; пора року <hr/> <i>витрати часу:</i> час поїздки; час на паркування; час на підхід до/від станції прокату; години роботи системи прокату	<i>землекористування:</i> тип забудови; центри тяжіння; щільність населення; робочі місця; вулично-дорожня мережа <hr/> <i>інфраструктура:</i> виділені велосипедні доріжки; велосипедні смуги; VELO-пішохідні доріжки; місця паркування; станції прокату <hr/> <i>відстань:</i> відстань поїздки; відстань між станціями прокату та пунктом відправлення чи призначення <hr/> <i>топографія:</i> рельєф; зелені насадження	температура; хмарність; вологість; добова кількість опадів; дощ; швидкість вітру; сніг	зручність; корисність; економічні фактори; доступність; простота використання; якість обслуговування; функції та якість транспортного засобу

Використання засобів мікромобільності залежить перш за все від соціально-демографічних характеристик користувачів, таких як індивідуальні та загальні характеристики. Індивідуальні характеристики, такі як вік, стать, наявність дітей, освіта, зайнятість, дохід, наявність транспортних засобів впливають на готовність використовувати засоби мікромобільності, перехід від застосованого способу пересування до користування засобами мікромобільності. Наприклад, люди молодого та середнього віку частіше користуються засобами мікромобільності, ніж літні люди; чоловіки частіше використовують засоби мікромобільності ніж жінки [2, 3]. Крім того, користувачі з вищою освітою, постійною зайнятістю та високим доходом частіше використовують орендовані електросамокати [2]. Власники засобів мікромобільності вірогідніше частіше будуть їх використовувати, ніж ті, хто не мають їх у власності та користуються системами прокату. До загальних характеристик відносять мету, частоту та мотиви користування, ставлення, соціальні чинники, питання безпеки та охорони. Мета пересування може відрізнятись залежно від потреб користувача та впливати на частоту користування. Наприклад, постійні користувачі системи оренди засобів мікромобільності частіше використовують їх для здійснення трудових пересувань [1]. Важливим чинником також є ставлення користувачів до пересування засобами мікромобільності та іншими видами транспорту, наприклад, позитивне відношення до поїздок на велосипеді та громадському транспорті підвищує ймовірність користування засобами мікромобільності. Мотиви користування можуть бути пов'язані в першу чергу зі стурбованістю екологічними проблемами транспорту, що позитивно впливає на намір та ймовірність використання екологічніших транспортних засобів. Для інших користувачів як мотив може виступати прагнення до підвищення рівня фізичного здоров'я, бажання бути мобільними тощо. Соціальні чинники вказують на схильність користувачів порівнювати себе з іншими,

соціально взаємодіяти та обмінюватись інформацією, що також позитивно впливає на використання мікромобільності. Зрозуміло, що почуття безпеки та захищеності сприяє використанню засобів мікромобільності, а почуття небезпеки навпаки відштовхує. Відчуття цінності полягає у грошовій та психологічній оцінці користувачами витрат та переваг використання засобів мікромобільності [2].

На поведінку користувачів засобів мікромобільності впливають чинники пов'язані з часом, а саме час доби, день тижня, святкові дні, місяць, пора року. Зазвичай засоби мікромобільності більше використовуються у весняні та літні періоди та менше взимку; попит на користування засобами мікромобільності є вищим у робочі дні та меншим у вихідні дні і канікули [2, 3, 4]. Часові чинники також безпосередньо пов'язані з витратами часу, а саме часом поїздки, часом на паркування, часом на підхід до/від станції прокату. Окрім цього, використання найманих засобів мікромобільності обмежене годинами роботи системи прокату. Зрозуміло, що збільшення тривалості поїздки матиме негативне значення щодо ймовірності використання засобів мікромобільності, особливо, це стосується тих засобів, що приводяться до руху фізичною силою людини. Час на доступ до станцій прокату є важливішим, ніж час руху від станції прокату до кінцевого пункту призначення [5].

Чинники, пов'язані з простором, включають землекористування, інфраструктуру мікромобільності, відстань і топографію. Як показує дослідження [6], чинники антропогенного середовища, такі як змінні землекористування та інфраструктура, мають вищу відносну важливість, ніж соціально-економічні змінні. Землекористування стосується типу забудови районів, наявності центрів тяжіння, щільності населення, щільності робочих місць та характеристик вулично-дорожньої мережі. В густонаселених районах та районах з великою кількістю центрів тяжіння, вірогідніше за все, будуть частіше користуватись засобами мікромобільності за належного рівня інфраструктурного забезпечення. Розташування та щільність станцій прокату має вирішальне значення для заохочення людей використовувати спільні велосипеди, оскільки це визначає доступність послуг [3, 6]. До інфраструктури мікромобільності належать різні типи велодоріжок, велосмуг, місця паркування та станції прокату. Чим більш розвиненою та якіснішою є інфраструктура, тим ймовірність використання засобів мікромобільності є вищою. Іншими чинниками, що впливають на використання засобів мікромобільності є відстань поїздки та відстань між станціями прокату та пунктом відправлення чи призначення. Їх вплив є негативним, оскільки збільшення відстані знижує ймовірність вибору засобів мікромобільності серед інших способів пересування. Топографія місцевості відіграє чималу роль для користувачів мікромобільності, особливо велосипедів, через те, що наявність крутих підйомів зменшує швидкість руху пересування та потребує додаткових витрат фізичної енергії. Користувачі мікромобільності зазвичай обирають маршрути з рівнинним рельєфом місцевості, а також маршрути, що проходять поміж зелених насаджень [4].

Погодні умови потрібно розглядати з точки зору сезонної та регіональної мінливості, оскільки користувачі по-різному реагують на коливання температури в різні пори року та в різних регіонах. До чинників, що характеризують погодні умови відносять: хмарність, вологість, добову кількість опадів, дощ, швидкість вітру, сніг. Результати досліджень зазвичай показують, що високі температури (але не надто високі) є сприятливими, тоді як низькі температури, дощ, висока вологість, сильний вітер і сніг перешкоджають використанню засобів мікромобільності [3, 5].

На користувачів орендованих засобів мікромобільності впливають також чинники пов'язані з характеристиками систем прокату цих засобів. Вони включають в себе зручність та корисність, економічні фактори, доступність, простоту використання, якість обслугову-

---

вання, функції та якість транспортного засобу. Зручність означає переваги та рівень комфорту користування засобами мікромобільності порівняно з іншими способами пересування, уникнення заторів та економію часу, враховуючи також час на паркування, наявність станцій прокату, можливість використання карток оплати та мобільних додатків, можливість інтеграції з іншими способами пересування, наприклад, з громадським транспортом. Корисність полягає в тому, як використання засобів мікромобільності робить пересування ефективнішим для користувача з точки зору суб'єктивного сприйняття окремих атрибутів пересування. Як зручність, так і корисність, сприяють позитивному сприйняттю, наміру та бажанню використовувати засоби мікромобільності. Економічні чинники стосуються вартості поїздки з використанням найманих транспортних засобів мікромобільності і сприйнятої цінової вартості (тобто співвідношення ціни та якості). Простота та зрозумілість використання, якість та рівень обслуговування мають позитивний вплив на підвищення рівня сприйняття та використання мікромобільності як способу пересування. Характеристики, функції та якість спільних транспортних засобів таких як, наприклад, наявність ліхтарика, справність систем гальмування, достатність тиску в колесах, привабливий дизайн тощо, зазвичай позитивно пов'язані з ймовірністю та частотою користування засобами мікромобільності. З іншого боку, несправні транспортні засоби можуть викликати негативні настрої та чинити негативний вплив на задоволеність від використання засобів мікромобільності [2].

Розвиток мікромобільності зумовлений багатьма чинниками, що можуть бути представлені такими групами: соціально-демографічні, часові, просторові, погодні та системні. Слід зазначити, що вплив зазначених груп чинників може відрізнятися залежно від менталітету населення, особливостей міського середовища, погодних умов та інших особливостей властивих конкретним територіям. Це потребує проведення подальших досліджень в контексті міст України з метою встановлення відносної значущості цих чинників та їх взаємозумовленості, що може стати підґрунтям для розробки стратегій підвищення привабливості мікромобільності в межах реалізації концепції сталого розвитку транспортних систем міст.

## Література

1. Fishman, E. (2016). *Bikeshare: A review of recent literature*. *Transport Reviews*, 36(1), 92-113. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1033036>
2. Elmashhara, M.G., Silva, J., Sá, E., Carvalho, A., & Rezazadeh, A. (2022). *Factors influencing user behaviour in micromobility sharing systems: A systematic literature review and research directions*. *Travel Behaviour and Society* 27, 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.10.001>
3. Campbell, A. A., Cherry, C. R., Ryerson, M. S., & Yang, X. (2016). *Factors influencing the choice of shared bicycles and shared electric bikes in Beijing*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67, 399–414. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.03.004>
4. An, R., Zahnow, R., Pojani, D., & Corcoran, J. (2019). *Weather and cycling in New York: The case of Citibike*. *Journal of Transport Geography*, 77, 97–112. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.04.016>
5. Krauss, K., Krail, M., & Axhausen, K. W. (2022). *What drives the utility of shared transport services for urban travellers? A stated preference survey in German cities*. *Travel Behaviour and Society*, 26, 206-220. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.09.010>
6. Yang, H., Zheng, R., Li, X., Huo, J., Yang, L., & Zhu, T. (2022). *Nonlinear and threshold effects of the built environment on e-scooter sharing ridership*. *Journal of Transport Geography*, 104, 103453. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103453>



УДК 656.13

## CONFLICTOLOGY OF TRAFFIC ORGANIZATION IN THE CENTRAL PARTS OF THE CITY

Ganna Weigang, Kateryna Komar

*Ivan Franko National University of Lviv  
1, Universytetska St., Lviv, 79000*

*The distribution of traffic flows by direction causes a decrease in the average flow speed and leads to conflict situations. The places where conflicts occur, where flows intersect, merge, or are separated by a traffic path, are called conflict points. Conflict zones cause increased travel times at urban RSN nodes, vehicle delays, and a significant likelihood of accidents.*

During the interaction between road users and the identification of potential conflict points, it is necessary to further eliminate them or reduce the degree of danger, which will allow to improve the safety of traffic conditions without waiting for an accident to occur.

Maneuvers are also carried out on street and road crossings when changing lanes and other rearrangements, but they are most typical for the nodal points of the street and road network (transport hubs) [1,2].

A specific feature of each conflict point is not only the potential danger of a collision between vehicles moving in conflicting directions, but also the likelihood of vehicle delays. Different systems of conditional indicators (assessment scores) are used to comparatively assess the complexity and potential danger of transport hubs. One of them offers an assessment of the complexity of a transport junction based on the fact that deviations are rated as 1 point, mergers – 3 points and intersections – 5 points, but this methodology is simplified, as it does not allow to determine the hazards of crossing, taking into account traffic intensity. A more accurate way to assess the complexity of intersections is to use the methodology of evaluation coefficients [3]:

$$\sigma_N = K \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} N_i N_j \quad (1)$$

where  $K$  – proportionality factor;  $N_i N_j$  – intensity of the  $i$ -th,  $j$ -th conflicting directions.

This formula (1) allows us to estimate the complexity of the intersection taking into account the traffic intensity. In this case, the probability of a vehicle collision during maneuvers is proportional to the intensity of the interacting traffic flows.

If an intersection is deemed to be difficult, very difficult, dangerous, or very dangerous, measures must be taken to improve traffic safety.

The conflict points of flow separation are the most dangerous because of the difference in the speeds of the forward and returning flows, due to the decrease in the speed of the latter. If this value exceeds 20% of the speed of the main flow, the movement becomes dangerous.

The degree of danger of crossing is assessed by the traffic safety indicator  $k_a$ . It characterizes the expected number of accidents per 10 million cars that pass through a road intersection [2].

One of the methods of improving the methodology of conflict points was proposed by Prof. G. I. Klinkovstein [4].

This method is based on the use of a modified conflict load score, which is calculated using the formula:

$$M = \sum_{i=1}^n N_i^{\Delta p} \cdot P_i \quad (2)$$

where  $N_i^{op}$  – intensity of vehicles on the  $i$ -th secondary direction, vehicles/hour.;  $P_i$  – the probability of obstacles at any given time for the movement of vehicles in the  $i$ -th secondary direction;  $n$  – the total number of secondary directions at the intersection.

Thus, the total indicator of conflict load is calculated, which allows us to draw conclusions about the potential conflict of the intersection. The authors state that the decision to ban certain directions should be made based on the requirement to reduce the indicator to an acceptable level. However, how to reduce the  $M$  indicator and what level is considered suitable is not specified [5].

Such an assessment of the complexity of the intersection, which takes into account only the characteristics of the traffic flow, does not give a complete picture for the selection of control influences, because the intersection is a complex system characterized not only by the traffic process, but also by many other factors: road conditions, existing buildings, visibility, traffic management scheme, etc.

In order to technically improve the organizational aspects of traffic, it is necessary to take into account the intensity of traffic flows. Fig. 1 shows node diagrams indicating all permitted traffic directions, as well as technical elements of its organization for the period of the start of work on the reconstruction of a part of the sidewalk and equipping the roadway with a separate lane for public transport. These diagrams became the basis for building 3D objects of the SRN nodes and modeling this section of the central district of the city (Fig. 2).

Thus, the visualization of the research object based on field studies allowed us to apply a systematic approach to determining the structural elements of the SRN that affect the process of traffic organization in the central district of the city and their impact on vehicle safety.

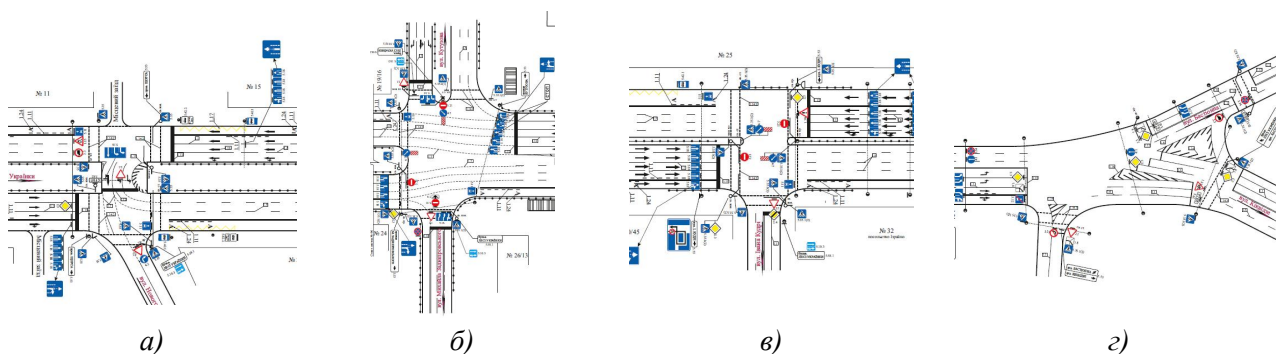


Fig. 1. Intersection diagrams of L. Ukrayinky Blvd and adjacent streets: a) intersection of L. Ukrayinky Blvd. and Novospitalna St., b) intersection of L. Ukrayinky Blvd. intersection and M. Zadniprovsky St., General Almazova St., c) intersection of L. Ukrayinky Blvd. and J. McCain streets, d) intersection of L. Ukrayinky and M. Boichuk St. and Bastionna St.

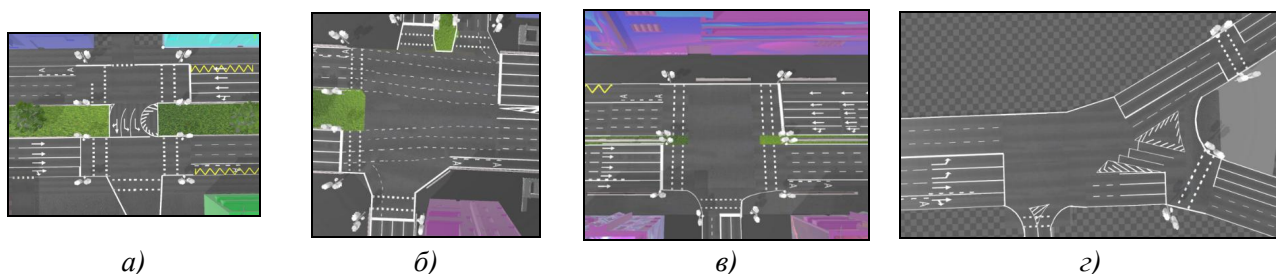


Fig. 2. 3D diagrams of L. Ukrayinky Blvd and adjacent streets: a) intersection of L. Ukrayinky Blvd. and Novospitalna St., b) intersection of L. Ukrayinky Blvd. intersection and M. Zadniprovsky St., General Almazova St., c) intersection of L. Ukrayinky Blvd. and J. McCain streets, d) intersection of L. Ukrayinky and M. Boichuk St. and Bastionna St.

Generating information in this form will increase the efficiency of working with the data obtained and in the process of monitoring the parameters. Since the data will be used for the modeling process, this option of processing and storing information is appropriate for studying the dynamics of changes in safety parameters.

### References

1. Lobashov O.O., Prasolenko O.V. *Workshop on the discipline "Organization of Road Traffic": a textbook. Kharkiv National Academy of Municipal Economy. Kharkiv, 2011. 221 c.*
2. Lobanov E.M. *Transport planning of cities. Moscow: Transport, 1990. 240 c.*
3. Sheshtokas V.V., Samoilo D.S. *Conflict situations and traffic safety in cities. Moscow: Transport, 1987. 207 c.*
4. Klinkovshtein G.I., Afanasyev M.B. *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Organization of traffic]. Moscow: Transport, 1992. 207 c.*
5. Abramova L.S., Shirin V.V., Ptitsa G.G. *Analysis of methods for determining road safety indicators. Herald of KhNADU: a collection of scientific papers. 2015. Issue 69. C. 118-123.*

УДК 656.13.05

## ОЦІНКА СТАНУ АВАРІЙНОСТІ НА УКРАЇНСЬКИХ ДОРОГАХ У 2021 РОЦІ

### ASSESSMENT OF THE ACCIDENT STATE ON UKRAINIAN ROADS IN 2021

Володимир Кищун

*Луцький національний технічний університет  
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018*

*The state of accidents on Ukrainian roads in 2021 is considered. The calculation of the actual indicators and their comparison with the expected ones, which are laid down in the State program to improve the level of road safety, was carried out.*

За останні десять років в Україні було прийнято безліч документів щодо підвищення рівня безпеки дорожнього руху [1]. Зокрема, розпорядженням КМ України від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р було схвалено «Стратегію підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року» [2]. Метою Стратегії стало зниження рівня смертності внаслідок дорожньо-транспортних пригод (ДТП) щонайменше на 30% до 2024 року, зниження ступеня тяжкості наслідків ДТП для учасників дорожнього руху та зменшення соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортного травматизму, а також запровадження ефективної системи управління безпекою дорожнього руху (БДР) для забезпечення захисту життя та здоров'я населення.

На виконання Стратегії-2024 постановою КМ України № 1287 була затверджена «Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2023 року», де були перераховані завдання і заходи для її виконання [3].

Кожний із прийнятих документів в Україні у 2010–2020 роках закінчувався, як правило, очікуваними результатами його виконання. Не стали винятками Стратегія-2024 і «Державна програма підвищення рівня БДР в Україні на період до 2023 року». З урахуванням основної

мети Стратегії та за умови виконання у повному обсязі передбачених завдань прогнозувалося зменшення кількості загиблих і тяжко травмованих осіб внаслідок ДТП до 2030 року на 50% порівняно з 2019 роком, а також наближення національних показників БДР до середньоєвропейського рівня, зокрема щодо кількості загиблих внаслідок ДТП на 100 тис. населення – зниження показника з восьми осіб (у 2019 році) до чотирьох (у 2030 році). Поруч з такими абсолютними показниками, як загальна кількість ДТП, кількість у них загиблих і травмованих, для оцінки рівня БДР використовувалися ще відносні (очікувані) показники зведені, залежно від завдання, у три групи з конкретними числами для 2021 року, як показано у таблиці 1 [3].

У 2021 році в Україні було зареєстровано 190,746 тис. ДТП, із них 24521 пригод відбулося з постраждалими, у яких загинуло 3238 та травмовано 29738 осіб [4]. Станом на 1 січня 2022 року українців нараховувалося 41,167 млн., а кількість транспортних засобів – орієнтовно 10,8 млн. [5, 6]. Таким чином, маючи статистичні дані, можна поррахувати фактичні показники виконання у 2021 році «Державної програми підвищення рівня БДР на період до 2023 року» та порівняти їх з очікуваними за формулою:

$$\Delta = [(P_f - P_o)/P_o] \cdot 100, \% \quad (1)$$

де  $\Delta$  – зміна показника аварійності;  $P_f$  – фактичний показник аварійності;  $P_o$  – очікуваний показник аварійності (див. табл. 1).

Таблиця 1

**Фактичні та очікувані результати виконання «Державної програми підвищення рівня БДР на період до 2023 року» у 2021 році**

Найменування завдання	Найменування показників виконання завдання	Значення показника		
		очікуваний	фактичний	$\Delta, \%$
1. Зниження рівня соціального ризику	Кількість загиблих внаслідок ДТП на 100 тис. населення	11,3	7,9	-30,1
	Кількість травмованих внаслідок ДТП на 100 тис. населення	119,3	72,2	-39,5
2. Зниження рівня транспортного ризику	Кількість загиблих внаслідок ДТП на 100 тис. транспортних засобів	34,1	30,0	-12,0
3. Зменшення рівня тяжкості наслідків ДТП	Кількість загиблих внаслідок ДТП на 100 постраждалих	7,8	9,8	+25,6
	Кількість загиблих внаслідок ДТП на 100 ДТП	3,1	1,7	-45,2
	Кількість травмованих внаслідок ДТП на 100 ДТП	31,9	15,6	-51,1

Як видно з результатів розрахунків, завдання Державної програми з підвищення рівня безпеки дорожнього руху у 2021 році були навіть перевиконані за винятком одного показника, а саме кількості загиблих внаслідок ДТП на 100 постраждалих, що перевищив очікуваний показник на 25,6 % (див. табл. 1). Позитивний тренд виконання програми можна було б очікувати і у 2022 році однак...

Упродовж 2022 року в Україні трапилось 18628 ДТП із потерпілими, у яких загинула 2791 особа та 23145 людей отримали травми [4]. Аварійність в умовах воєнного стану зменшилась, спостерігається позитивна динаміка ДТП порівняно з попередніми роками [7]. Стало менше і смертельних пригод, натомість така статистика не свідчить, що водії в Україні почали їздити безпечніше. Пов'язано це з багатьма причинами, включно із зниженням інтенсивності дорожнього руху на окремих дорогах країни через зменшення кількості транспортних засобів, окупацією територій, веденням постійних бойових дій. З'явилися такі нетипові чинники, як зняті дорожні знаки, штучні перешкоди у вигляді блокпостів, відключення електроенергії через обстріли енергетичної інфраструктури тощо.

Окрім того, щодо наведеної статистики спостерігається один істотний нюанс: дані за минулий рік охоплюють лише території, де не було активних бойових дій чи окупації. Тому інформація про ДТП у Донецькій, Луганській, Харківській, Запорізькій, Херсонській та Миколаївській областях була не повною. Очевидно, що провести у такому випадку подібний аналіз стану аварійності на українських дорогах у 2022 році та отримати для порівняння коректні результати неможливо.

### Література

1. Кищун В. А. Державна політика у сфері підвищення рівня безпеки дорожнього руху. Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інші]. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – С. 107–113.
2. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року. Урядовий кур'єр від 04.11.2020 – № 214.
3. Державна програма підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2023 року. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1287-2020-%D0%BF#Text>.
4. Статистика ДТП в Україні. URL : <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>.
5. Чисельність населення України з 2015 по 2022 рр. URL : <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/>.
6. В Києве уровень автомобилизации превысил 400 авто на 1000 жителей. Когда будет как в Европе? URL : <http://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=48496>.
7. Статистика позитивна. У поліції прозвітували про кількість ДТП у 2022 році. URL : <https://www.rbc.ua/rus/news/statistika-e-pozitivnoyu-politsiyi-prozvituvati-1676036106.html>.

УДК 656.13.08

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КОЕФІЦІЄНТІВ АВАРІЙНОСТІ ЯК ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ ДОРОЖНІХ УМОВ

## APPLICATION OF THE ACCIDENT COEFFICIENT METHOD AS THE BASIS OF A STATISTICAL MODEL OF THE MUTUAL INFLUENCE OF ROAD CONDITIONS

Дмитро Руденко, Володимир Товарянський

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79000

*The purpose of the work was to study the method of accident coefficients with the introduction of additional cost coefficients into this method, which allows to establish those sections of roads on which measures aimed at improving conditions or reconstruction of individual sections of roads should be carried out in the first place.*

Багатовимірною моделлю є традиційний метод коефіцієнтів аварійності, але статистичний зв'язок між чинниками тут виражений слабо. Проте цей метод є доброю базою для визначення вагових частин кожного окремого чинника у підсумковому коефіцієнті аварійності. Цей висновок впливає з таких міркувань. У методі коефіцієнтів аварійності вдалося

узагальнити значний обсяг статистичного матеріалу про дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) за допомогою відносної характеристики зміни кількості пригод при зміні одного з елементів дороги і приблизно постійних значеннях інших чинників впливу. Ця характеристика отримала назву відносної кількості пригод, або часткового коефіцієнта аварійності, який характеризує безпеку умов руху, (що формується впливом окремих елементів плану, поздовжнього та поперечного профілів і придорожньої обстановки) порівняно з умовами руху по двосмуговій дорозі з шириною проїзної частини 7,5 м, укріпленими узбіччями і шорстким покриттям [1].

$$K_{ni\partial} = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

де  $K_{ni\partial}$  – підсумковий коефіцієнт аварійності;  $K_i$  – часткові коефіцієнти аварійності, чисельні значення яких визначені за вітчизняними і закордонними статистичними даними аварійності;  $n$  – кількість чинників, прийнятих до розгляду.

Метод коефіцієнтів аварійності передбачає побудову лінійних графіків коефіцієнтів аварійності, які будують з урахуванням того, що вплив небезпечного місця поширюється і на сусідні ділянки, де відбувається викликана цим зміна режимів руху. Для цього всю трасу дороги аналізують за кожним показником, виділяючи на ній однорідні за умовами руху ділянки. Після цього обчислюють підсумковий коефіцієнт аварійності для кожної ділянки за формулою (1).

Далі метод коефіцієнтів аварійності удосконалювався і для складних ділянок, де значення коефіцієнтів відрізняються порівняно мало, було запропоновано ввести додаткові коефіцієнти важкості подій, які визначалися з даних про втрати народного господарства від (ДТП) [2,3]. За одиницю додаткових вартісних коефіцієнтів прийнято середнє значення втрат народного господарства від однієї події на еталонних ділянках.

$$M = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_i \cdot \dots \cdot m_n. \quad (2)$$

Тоді формула (1) буде мати вигляд:

$$K_{ni\partial}^* = M_m K_{ni\partial} = \prod_{i=1}^n m_i K_i, \quad (3)$$

де  $K_{ni\partial}^*$  – підсумковий коефіцієнт аварійності з урахуванням важкості (ДТП);  $K_{ni\partial}$  – підсумковий коефіцієнт аварійності;  $M_m$  – підсумковий коефіцієнт тяжкості (ДТП);  $M_i$  – додатковий вартісний коефіцієнт;  $K_j$  – частковий коефіцієнт аварійності.

Введення в метод коефіцієнтів аварійності додаткових вартісних коефіцієнтів дає змогу встановити ті ділянки доріг, на яких потрібно проводити заходи, спрямовані на покращення умов або реконструкцію окремих ділянок доріг у першу чергу. Однак корисно знати не лише яку ділянку необхідно ремонтувати в першу чергу, але і що робити на цій ділянці, тобто визначити характер робіт з усунення осередків аварійності і при цьому звести до мінімуму суб'єктивний чинник. Іншими словами, потрібна математична модель, яка своїми параметрами визначала б характер цілеспрямованих впливів на дорожні умови.

Одним з можливих варіантів математичної моделі, що відповідає пред'явленим вище вимогам, може бути мультиплікативна функція виду:

$$Y = C_0 \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i}, \quad (4)$$

де  $Y$  – результат одночасного впливу чинників;  $X_i$  – чинник, який впливає на результат;  $\alpha_i$  – коефіцієнт інтенсивності впливу  $X_i$  на  $Y$ ;  $C_0$  – параметр, який задає початковий стан системи.

У додатку до методу коефіцієнтів аварійності ця функція має вигляд:

$$K_{nid} = A_0 \prod_{i=1}^n K_i^{\alpha_i}, \quad (5)$$

де  $K_{nid}$  – підсумковий коефіцієнт аварійності;  $K_i$  – частковий коефіцієнт аварійності, який визначається згідно з Методикою [15];  $A_0$  та  $\alpha_i$  – параметри регресії.

Запишемо цю функцію у вигляді:

$$K_{nid} = A_0 K_1^{\alpha_1} K_2^{\alpha_2} K_3^{\alpha_3} K_n^{\alpha_n}. \quad (6)$$

Прологарифмуємо цей вираз за десятковою основою:

$$\lg K_{nid} = \lg A_0 + \alpha_1 \lg K_1 + \alpha_2 \lg K_2 + \alpha_3 \lg K_3 + \alpha_n \lg K_n \quad (7)$$

Рівень безпеки руху мережі доріг згідно з М 218-033450778-652:2008 «Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України», характеризується відносними показниками аварійності та/або важкості наслідків від ДТП відносно до умовно прийнятого безпечного рівня. За безпечний рівень рекомендується приймати відповідний середній показник за період, що аналізується, або «еталонний» показник, визначений для конкретного періоду часу і простору, який в даній ситуації максимально захищає людину від ризиків потрапити в ДТП.

Для коректного порівняння різнорозмірних показників, згідно з Методикою [4], введено коефіцієнти нерівномірності розподілу рівнів аварійності та важкості наслідків ДТП (далі коефіцієнт рівнів аварійності та важкості наслідків ДТП), що визначаються як відношення середніх  $i$ -тих показників рівня аварійності або важкості наслідків ДТП на конкретній дорозі (мережі доріг) до середнього показника у відповідній групі доріг, який потрібно приймати за умовну одиницю.

У натуральному масштабі значення параметрів регресії  $\alpha_i$  та  $A_0$  визначаються за формулами:

$$\alpha_i = \frac{S \cdot K_{nid}}{S \cdot K_i} \alpha_i, \quad (8)$$

$$A_0 = K_{nid} - \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i, \quad (9)$$

Звільняючись від логарифмів можна отримати функцію (6), де  $\alpha_i$  та  $A_0$  – конкретні числові значення для цього поєднання дорожніх умов.

Коефіцієнти множинної кореляції визначаються з формули:

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i R_{K_{nid}^0} K_i^0}. \quad (10)$$

Коефіцієнт множинної кореляції є показник сили зв'язку множинної регресії. Розрахунки показують, що  $0,95 \leq R \leq 1,00$ , і це говорить про сильний зв'язок між розглянутими параметрами. А ступінь адекватності моделі реальним умовам оцінюється за відомим критерієм F (критерій Фішера), який являє собою відношення дисперсії  $K_{nid}$  до залишкової дисперсії  $K_{nid.зал}$

$$F = \frac{K_{nid}}{K_{nid.зал}}. \quad (11)$$

Числові значення параметрів  $A_0$  і  $\alpha_i$  обчислюються за формулами (8 та 9), тобто визначаються формальним методом. Для того, щоб мати можливість повніше оцінити стан аварійності ділянок доріг за допомогою  $A_0$  та  $\alpha_i$ , потрібно чітко визначити їх (ділянок) технічне утримання.

Сутність параметра  $A_0$  впливає зі структури формули (5) і обумовлена характером статистичного взаємозв'язку чинників, які відображені в часткових коефіцієнтах аварійності. У реальних дорожніх умовах чинники, які з'явилися внаслідок конкретної події, настільки тісно взаємопов'язані між собою, що часом не просто, а іноді й неможливо з упевненістю заявити про пріоритет того чи іншого чинника, а тим більше виконати будь-який обґрунтований розподіл причин аварій.

### Література

1. Rudenko, D., Renkas, A., & Tovaryansky, V. (2021). Оцінка впливу дорожніх умов на аварійність із застосуванням багатофакторної моделі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 24, 33-39. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.04>
2. Гоженко А.І., Біла Ю.С. Проблеми виникнення дорожньо-транспортних пригод та дорожньо-транспортного травматизму в Україні. Можливі шляхи їх вирішення. Актуальні проблеми транспортної медицини: матеріали конф., м. Одеса, 2012. №3(29). С. 11-21.
3. Собакарь А. О., Холмянський Я. Д., Тараненко С. М.. Основи безпеки дорожнього руху: навч. посібник / В.М. Бесчастний (ред.). К.: Знання, 2007. 311 с.
4. М 218-033450778-652:2008 «Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України»
5. Білоус В. А. Досконала дорожня мережа основа економічного розвитку держави // Український держ. лісотехн. ун-т. Науковий вісник. Львів, 2005. Вип. 9.11: Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства. С. 159–163.

УДК 656.13

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

### MODERN APPROACHES TO ROAD TRAFFIC SAFETY ASSESSMENT

**Володимир Сістук, Юрій Монастирський**

*Криворізький національний університет,  
вул. В. Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027*

*The paper studies road safety assessment methods based on the use of surrogate indicators obtained via intelligent video traffic analysis programs and the SSAM approach.*

Безпека дорожнього руху (БДР) залежить від багатьох чинників, одним із яких є умови середовища. Однією із умов середовища є конфігурація транспортної мережі або відокремленої транспортної розв'язки, яка визначатиме положення транспортного засобу у конкретний момент часу. З цієї позиції, ті конфігурації транспортних розв'язок будуть мати переваги у частини забезпечення відповідного рівня БДР, які відповідають мінімізації конфліктних



точок та перетинів траєкторій руху транспортних засобів. Оцінка траєкторій руху, у свою чергу, може бути проведена за допомогою сучасного програмного забезпечення з детального транспортного моделювання або із використанням технології розпізнавання образів (оцінка сучасного стану). У такому разі оціночними показниками виступають непрямі показники безпеки руху. Прикладом даного підходу є модель оцінки безпеки руху на основі непрямих показників (Surrogate Safety Assessment Model, коротко SSAM). Програмне забезпечення SSAM [1] працює шляхом опрацювання даних, які описують траєкторію руху транспортних засобів, проходять через інфраструктурний дорожній об'єкт. Записи траєкторії (.trj) є початковими даними з програм детального транспортного моделювання, таких як PTV VISSIM [2], що дозволяє виконати оцінку БДР як для існуючого стану об'єкту, так і для проектного стану. До непрямих показників у SSAM належать:

- час до зіткнення (Time To Collision – TTC), що визначає, за скільки секунд транспортні засоби зіткнулися б, якби вони рухалися зі сталою швидкістю та напрямком;
- час після вторгнення (Post Encroachment Time – PET) – це різниця між часом, при якому транспортний засіб потрапляє в конфліктну точку, та часом, поки інший транспортний засіб увійде до цієї точки.

У SSAM використовуються дві порогові величини для непрямих показників безпеки руху для визначення характеру взаємодії між ТЗ, яка ідентифікується як конфлікт.

Під час аналізу виявляється кожен конфлікт, включаючи дані з файлів траєкторії всіх відповідних реплікацій моделювання, що відображається у таблиці конфліктів. У ній представлена детальна інформація по кожному конфлікту, враховуючи час, розташування та непрямі показники безпеки.

Окрім SSAM, отримання непрямих показників безпеки руху можливе за допомогою використання програм відеоаналізу даних дорожнього руху, таких як DataFromSky, де він позиціонується як додатковий інструмент до загальної статистичної звітності [3]. Результати аналізу, як і у разі використання SSAM, носять прогностичний характер і краще за все потребують додаткової верифікації з фактичними даними за місцями концентрації дорожньо-транспортних пригод.

DataFromSky дозволяє виконати аналіз траєкторій руху на відеокадрах дорожнього руху та отримати такі непрямі показники: TTC, PET та екстрене гальмування (Heavy Braking). Останнє виявляє швидке уповільнення при виникненні конфліктів та небезпечних ситуацій на дорозі.

Обидва підходи надають широкі функціональні можливості для дослідження стану БДР, яке передбачає виконання таких завдань:

- запис відеоролику дорожнього руху на об'єкті інфраструктури;
- опрацювання матеріалів відеоролику на хмарному сервісі платформи DataFromSky та налаштування конфігурації позначень отриманого у результаті даного опрацювання протоколу трасування;
- аналіз безпеки руху з визначенням списку конфліктів та непрямих показників TTC та PET за допомогою DataFromSky Viewer;
- розроблення імітаційної моделі об'єкту дослідження в програмі детального транспортного моделювання PTV VISSIM для існуючого стану із задаванням вхідних потоків і розподілів інтенсивності руху транспортних потоків відповідно до отриманих в DataFromSky Viewer даних матриць зародження-призначення;
- аналіз безпеки руху з визначенням списку конфліктів та непрямих показників TTC та PET за допомогою опрацювання файлу траєкторії з PTV VISSIM в програмі SSAM;

- порівняння отриманих кількісних показників конфліктів та непрямих показників безпеки руху за двома методами.
- оцінка БДР проектного планувального рішення за допомогою PTV VISSIM-SSAM.

Таким чином, можлива автоматизація при докладному аналізі стану БДР для об'єктів нового будівництва або існуючої транспортної інфраструктури, планувальних рішень та інших проєктів.

### Література

1. *Surrogate Safety Assessment Model and Validation* □: *Final Report*. (2008).
2. Електронне джерело: <https://www.ptvgroup.com/en/solutionsproducts/ptv-vissim>
3. Електронне джерело: <https://datafromsky.com/trafficsurvey/>

УДК 656.025.6

## БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА ПОПИТ ПОСЛУГ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

### SAFETY OF TRANSPORTATION AS A FACTOR OF INFLUENCE ON THE DEMAND FOR ROAD TRANSPORT SERVICES

**Вікторія Карашук**

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*The article identifies the main problems of passenger transportation by road and factors affecting demand. The number of traffic accidents involving licensed vehicles and the fault of the drivers of these vehicles was analyzed.*

Основна кількість перевезених пасажирів в країні відноситься до перевезень автомобільним транспортом. Щорічно автомобільним транспортом перевозяться близько 1470 млн. пас. (в середньому за період 2018-2021 р.р. [1]) без урахування міського транспорту. Тож близько 92% всіх пасажирських перевезень країни виконуються автомобільними транспортними засобами. Незважаючи на таке лідерство між іншими видами транспорту, є багато проблем, які можуть спричинити падіння попиту на перевезення автомобільним транспортом, особливо за наявності альтернатив в інших перевізників. Основними проблемами пасажирських автомобільних перевезень є низька якість транспортних послуг; незадовільний стан безпеки перевезень, висока аварійність транспорту; тривала тривалість перевезень; недостатня комфортабельність транспортних засобів; незадовільний стан інфраструктури (дорожнього покриття, обладнання автостанцій, відсутність систем електронної оплати проїзду, це стосується особливо приміських перевезень); недостатній контроль за якістю транспортних послуг з боку контролюючих організацій та багато інших.

Важливим чинником впливу на попит послуг автомобільного транспорту є безпека перевезень. Щорічно стається 2620 дорожньо-транспортних пригод за участю ліцензованого автомобільного транспорту (в середньому за період 2017-2021 р.р.). При цьому 1393 випадків

з вини водіїв ліцензованого автомобільного транспорту, що становить 53% всіх ДТП. За даними 2021 року кількість скоєних ДТП з вини водіїв автобусів – 1209 випадків (79,6% від загальної кількості), з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів – 259 випадків (17%), з вини водіїв легкових-автомобілів-таксі – 51 випадок (3,3%). При цьому кількість травмованих осіб у ДТП з вини водіїв автобусів склала – 79 випадків (90% від загальної кількості), з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів – 9 випадків (10%). Кількість загиблих осіб у ДТП з вини водіїв автобусів – 5 випадків (50% від загальної кількості), з вини водіїв вантажних автомобілів під час перевезення небезпечних вантажів – 5 випадків (50%) [2].

Велика кількість ДТП на автомобільному транспорті може спричинити падіння попиту на пасажирські перевезення, тому питання забезпечення безпеки перевезень є актуальним та потребує розробки ефективних заходів щодо підвищення безпеки руху.

### Література

1. Державна служба статистики України. «Економічна статистика/ Економічна діяльність / Транспорт»: веб-сайт URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 14.03.2023 р.)
2. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на наземному транспорті в Україні за 2021 рік: URL: [https://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka\\_DTP/2022/analiz\\_avariynosti\\_2021.pdf](https://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2022/analiz_avariynosti_2021.pdf) (дата звернення 09.01.2023 р.)

УДК 656.13

## ОЦІНКА РИЗИКІВ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ ПЛАНУ СТАЛОЇ МІСЬКОЇ МОБІЛЬНОСТІ м. ЛЬВОВА

### RISK ASSESSMENT OF THE SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN IMPLEMENTATION IN LVIV

**Максим Афонін, Микола Поостранський, Станіслав Фіняк**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The paper examines the main goals of Lviv's Sustainable Urban Mobility Plan and the risks of not achieving them. Examples indicate the need for its adjustment considering the city's transport infrastructure's spatial, social, and organizational features.*

Початок 21 століття започаткував подальші пріоритети в усіх напрямках розвитку суспільства. В першу чергу – це принципи сталого розвитку, які передбачають фокус на екологічну безпеку людської діяльності та раціональне використання ресурсів. Однією з ланок, які характеризують пріоритети розвитку жителів урбанізованих просторів є стійка міська мобільність [1]. Це поняття включає в себе комплекс заходів, які необхідно реалізувати для того, щоб комфорт та безпека міських жителів з часом підвищувались, а використання ресурсів було сталим або ж навпаки – зменшувалось. Такий тренд взято на озброєння багатьма європейськими містами, таких як Амстердам, Париж, Лейпциг, Берлін,

Копенгаген та інших. Місто Львів не є винятком і у 2020 році муніципальною владою прийнято План сталої мобільності (ПСММ) [2], який передбачає досягнення основних цілей у розвитку громади до 2030 року.

Відповідно до редакції ПСММ м. Львова, розробники передбачили такі виклики в реалізації стратегії сталої міської мобільності:

- безпека руху;
- привабливість міського простору для руху пішки;
- якість громадського транспорту;
- зростання кількості автомобілів;
- велосипед, як міський транспорт;
- забудова міста та транспортна інфраструктура;
- інституційна спроможність міста.

Для кожного з них передбачаються цілі, досягнення яких зможе подолати їх, проте немає достатньої інформації щодо оцінки ризиків, які стосуються імплементації ПСММ в реальних умовах розвитку міста з урахування його географічних, соціальних та економічних особливостей.

Зважаючи на це, та з урахуванням того, що з часу прийняття ПСММ пройшло 3 роки, стає можливим охарактеризувати реальні ризики, які загрожують швидкому досягненню цілей сталої мобільності. Їх можна підкріпити фактами, які ілюструють слабкий рівень, або відсутність організаційних та інфраструктурних реакцій на виявлені загрози імплементації стратегії станом на сьогодні.

Нижче наведений перелік ймовірних ризиків, з якими місто або вже стикнулось, або зустрінеться найближчим часом в процесі реалізації заходів щодо покращення мобільності мешканців.

Основними з них є:

- неналежний рівень якості громадського транспорту;
- нерівномірний просторовий розвиток міста;
- слабка практика досліджень чинників мобільності, в результаті недостатній обсяг аналізу причинно-наслідкових зв'язків;
- стрімкий курс на відмову від приватного автомобіля;
- обмежені можливості мікромобільності.

Щодо ризиків пов'язаних з стрімким курсом на відмову від приватного автомобіля та недостатнім аналізом причинно-наслідкових зв'язків, є низка застережень, які варто брати до уваги. В першу чергу, це зростання рівня автомобілізації та автомобілекористування, спричинене усіма негативними чинниками, які формують глобальні ризики імплементації ПСММ. В тексті документу наведена теза, що збільшення кількості автомобілів у власності є звичним явищем, що супроводжується зростанням доходів мешканців [2]. Використання автомобілів в Україні сприймається переважно як ознака соціального статусу. Проте, варто відмітити, що сучасне суспільство бачить приватний автомобіль як інструмент покращання комфорту, безпеки та часу на пересування містом.

Згідно оглядової статистики, яку можна отримати з картографічних сервісів, використання автомобіля скорочує загальну тривалість пересування містом (порівняно з громадським транспортом) у 2-2,5 рази, при чому загальна економія часу залежить від кількості поїздок і може становити від 20-30 хв для однієї поїздки до 2-2,5 годин для 4-5 поїздок на день. Середня економія коштів (на користь використання громадського транспорту) становить близько 40-50 грн. на день, що в розрізі сьогоdnішнього рівня доходу громадян не перевищує 5-7% їхнього денного заробітку. Додатково можна зазначити, що із ростом ціни

на пальне у 2 рази, кількість автомобілів на міських вулицях не змінилась, що означає реальну потребу містян у швидкому та комфортному, порівняно з якістю послуг громадського транспорту, пересуванні. Соціальний статус, частіше всього, підкреслюється вартістю автомобілів, брендом чи його технічними характеристиками. В таких умовах, високий рівень автомобілекористування є наслідком того, що альтернатива цього виду переміщень не є конкурентноспроможною. Тому стрімкий курс на відмову від використання приватного автомобіля в реаліях сьогодення, є чинником, який погіршує якість життя в місті.

Засоби мікромобільності з початку 2020 року набули певної популярності серед мешканців міста (в значній мірі з популяризацією сервісів доставки їжі з використанням велосипедів), але в цей час є досягнутий певний пік їх використання. Варто відмітити, що більшість поїздок, які здійснюються за рахунок нових засобів мікромобільності (електро-самокати, моноколеса тощо) є альтернативою пішим пересуванням або поїздкою громадським транспортом. Велосипедний рух, не пов'язаний з сервісами доставки все ж таки не набув масовості і, в кращому випадку, може становити 6% від усіх пересувань, або 20-25 тис. осіб, які використовують велосипед, як основний вид транспорту щоденно. Ця частка може збільшитись лише за рахунок покращання велоінфраструктури міста, проте, такі чинники як рельєф, сезонність, дальність поїздок та специфіка пересування велосипедом стримують більшість мешканців від вибору цього виду транспорту. Достеменно не відомо, якою є середньорічна частка пересувань засобами мікромобільності, а також умови, за яких може сформуватись додатковий резерв населення, що готове змінити типологію власних поїздок на користь велосипеда. Ця проблема не є єдиною серед ризиків, пов'язаних з слабкою практикою досліджень чинників мобільності.

Недостатня практика збору транспортних та соціологічних даних є серйозною проблемою, з якою стикаються місцеві інженери, соціологи та управлінці. Постійний моніторинг інформації щодо інтенсивності транспортних потоків, чинників, які впливають на вибір типу пересування а також показників роботи громадського транспорту, зокрема обсяги пасажиропотоків, забезпечує ресурсом інженерів та науковців, які займаються вивченням проблем міської мобільності та шляхами їх вирішень. Недостатній інтерес щодо експертизи ДТП виключає можливість об'єктивного вивчення причин їх виникнення. Адже, згідно з відкритими даними [3], частка ДТП з потерпілими пішоходами, причиною яких є порушення правил проїзду пішохідних переходів становить 61%, а смертність від такого роду аварій – 8%. ДТП, причинами яких є порушення правил дорожнього руху пішоходами становлять 39% від загальної кількості, зі смертністю 22-26%, що спонукає фокусуватись не лише на запобіганню такого виду пригод з точки зору поведінки і надійності роботи водіїв чи обмеження швидкісних режимів, але і культури поведінки пішоходів на вулицях і дорогах. Окреме питання стосується розгляду та хоча б часткової реалізації останніх наукових досягнень у сфері мобільності та безпеки руху, які, для прикладу, є опублікованими у дисертаційних працях [4-5].

Згідно з текстом ПСММ, нове будівництво житла, не підкріплене транспортною інфраструктурою, провокує збільшення автомобілекористування, оскільки жодних інших зручних способів дістатися до місць праці, дитячих садочків, шкіл, місць закупів, відпочинку тощо немає [2]. Але водночас піднімається питання економічної доцільності добудови вулиць Луганської, Ряшівської та Вернадського. Також у документі вказано, що ключовою причиною пікових заторів на міських вулицях є маятникова міграція, коли велика кількість людей їде в одному напрямку вранці, а ввечері у зворотньому повертається і це пов'язано з радянською моделлю будівництва міст з наявністю «спальних» районів. Ця ж модель була поширена і у США, і в Західній Європі у середині минулого століття [2]. Сучасне нове

---

будівництво більше базується на вільних міських площах, в минулому промислових зон, де є наявні можливості підключення до міської інфраструктури (вода, каналізація, опалення тощо). Це може суперечити концепції «міста коротких відстаней», оскільки далеко не все нове будівництво забезпечується громадською інфраструктурою, транспортом та розташуванням на відносно малих відстанях до місць роботи, навчання чи відпочинку. Прикладом цього є житлові комплекси поблизу стадіону «Арена Львів» або ж новий житловий масив на вулицях Пасічній чи Малооголошківській [6].

Найбільш небезпечні ризики імплементації ПСММ пов'язані з недостатнім рівнем розвитку громадського транспорту, що супроводжується слабкою маршрутною мережею, низьким рівнем насиченості маршрутів громадським транспортом та застарілим рухомим складом. Для прикладу, якщо говорити про вечірній час доби, то починаючи з 21:00 спостерігається масовий з'їзд автобусів з маршрутів, а усі нічні рейси автобусів є скасованими вже більше трьох років [7]. Частково ситуацію виправляє електротранспорт, який курсує за насиченими графіками і до пізніх годин доби (22:30-23:30). «Зразковим» є лише один маршрут №8, який прямує з центральної частини міста до Сихівського масиву з високою регулярністю руху та швидкістю сполучення (багато в чому за рахунок відокремленого від проїзної частини трамвайного полотна). Варто зазначити, що велика кількість автобусних маршрутів, особливо хордових, або скасована чи функціонує з 1-4-ма одиницями транспорту з причини їх нерентабельності. Це все знижує привабливість громадського транспорту, як альтернативи приватному автомобілю, здебільшого в плані здійснення робочих та ділових кореспонденцій.

Варто зауважити, що зараз виникла можливість проаналізувати стан справ з впровадженням принципів сталої міської мобільності у м. Львові, звертаючи у вагу на негативні та позитивні зміни міського середовища у плані просторового використання та розвитку транспортної інфраструктури за останні 3 роки. Виявлено певні ризики можливості імплементації ПСММ з низки організаційних, технічних та соціальних причин. Основою для успішної реалізації рішень щодо знаходження балансу у функціонуванні міського середовища, перш за все є проведення ґрунтовних досліджень показників функціонування транспортних потоків, а також аналізу причинно-наслідкових зв'язків, які сприяють зростанню рівня автомобілекористування.

## Література

1. *The Geography of Transport Systems* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://transportgeography.org/>.
2. *План сталої міської мобільності Львова* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://city-institute.org/plan-staloi-miskoi-mobilnosti-lvova/>.
3. *Статистика ДТП в Україні за період з 01.01.2022 по 31.12.2022* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
4. *Півторак Г. В. Визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень на основі моделей теорії корисності з випадковим вибором : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 / Півторак Галина Василівна – Львів, 2021. – 202 с.*
5. *Могила І.А. Підвищення ефективності функціонування ізольованих регульованих перехресть з адаптивним алгоритмом керування : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Могила Ігор Андрійович ; – Київ, 2014. – 20 с.*
6. *Новобудови Львова* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lun.ua/>.
7. *Маршрути Львова на карті* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv>.

УДК 656.13

## БЕЗПЕКА РУХУ КОЛОН АВТОМОБІЛІВ ЧЕРЕЗ РЕГУЛЬОВАНІ ПЕРЕХРЕСТЯ

### SAFETY OF CAR CONVOYS MOVEMENT THROUGH SIGNALIZED INTERSECTIONS

**Петро Грицишин, Андрій Куйбіда, Андрій Шатковський**

*Львівський науково-дослідний інститут судової експертизи,  
вул. Липинського, 54, м. Львів, 79024*

*The article analyzes the requirements of the current Traffic Rules of Ukraine regarding the conditions of the traffic of car convoys and aspects of the occurrence of road accidents at signalized intersections with limited visibility with the participation of an escorted convoy of cars with other vehicles.*

Експертне дослідження ДТП за участі колон транспортних засобів в багатьох випадках свідчить про визначальну роль старшого колони по забезпеченню безпеки руху, зокрема що стосується проїзду регульованих перехресть. Особливо завдання забезпечення безпеки руху колон стало актуальним із колонами вантажів, що прямують в Україну в умовах агресії російської федерації

Поряд із цим, результати розслідувань виникнення таких ДТП дають підстави звернути увагу також на кілька важливих обставин, пов'язаних із вимогами до руху колон, передбачених у чинних Правилах дорожнього руху України (ПДРУ), а також трактувань цих вимог, оскільки у багатьох випадках є необхідність у вдосконаленні цих вимог.

Метою досліджень є аналіз вимог чинних ПДРУ щодо умов руху колон автомобілів та аспектів виникнення ДТП на регульованих перехрестях за участі супроводжуваної колони автомобілів з іншими транспортними засобами, а також пропозиції щодо вдосконалення цих вимог.

Аналізуючи чинні вимоги ПДРУ щодо руху колон вважаємо за необхідне спершу навести і проаналізувати їх.

Зокрема, відповідно до положень, що передбачені у п.1.10 чинних ПДР України, терміни, що наведені у цих Правилах, мають таке значення:

«...колона транспортних засобів – організована група з трьох і більше транспортних засобів, що разом рухаються в одному напрямку безпосередньо один за одним з постійно увімкненим ближнім світлом фар...»

Із наведеного формулювання можна виділити такі характерні ознаки колони транспортних засобів:

- кількість транспортних засобів у колоні – не менше трьох;
- вони повинні рухатися в одному напрямку безпосередньо один за одним;
- у цих транспортних засобах має бути постійно увімкнене ближнє світло фар.

Перша і третя ознаки однозначні і зрозумілі без будь-яких додаткових пояснень. Але за другою ознакою у ПДР України немає чіткого пояснення терміну «безпосередньо один за одним».

На думку авторів, цей термін мав би мати технічно зрозуміле пояснення, тобто, мав би існувати логічний зв'язок його із терміном «безпечна дистанція», який, у п.1.10 цих же Правил наведений у такому формулюванні:

«...безпечна дистанція – відстань до транспортного засобу, що рухається попереду по тій самій смузі, яка у разі його раптового гальмування або зупинки дасть можливість

водієві транспортного засобу, що рухається позаду, запобігти зіткненню без здійснення будь-якого маневру...»

Розрахувати величину саме безпечної дистанції експерт-автотехнік може і без застосування відносно складних математичних підходів та навести її числове значення для водіїв. Найпростішим можна вважати відомий у експертній практиці підхід, за якого величину безпечної дистанції (у метрах) потрібно приймати рівною половині швидкості руху (у км/год). Наприклад, якщо швидкість руху транспортних засобів у колоні становить 50 км/год, то безпечною можна вважати дистанцію між ними у 25м [1].

Також, у розділі 25 «Рух транспортних засобів у колонах» найбільш важливі вимоги, які стосуються руху саме колони транспортних засобів, передбачають:

- п.25.1: «На кожному транспортному засобі, що рухається в складі колони, встановлюється розпізнавальний знак «Колона», передбачений підпунктом «є» пункту 30.3 цих Правил, і вмикається ближнє світло фар. Розпізнавальний знак може не встановлюватися, якщо колону супроводжують оперативні транспортні засоби з увімкненими червоним, синім і червоним, зеленим або синім і зеленим проблисковими маячками та (або) спеціальними звуковими сигналами».
- п.25.3: «Швидкість руху колони та дистанція між транспортними засобами встановлюється старшим колони або за режимом руху головної машини відповідно до вимог цих Правил».
- п.25.4: «Колона, що рухається без супроводження оперативними транспортними засобами, повинна бути розділена на групи (не більше п'яти транспортних засобів), дистанція між якими повинна забезпечувати можливість обгону групи іншими транспортними засобами».

З наведеного випливає:

- якщо колона рухається у супроводі оперативних транспортних засобів, то швидкість її руху та дистанція між транспортними засобами встановлюється старшим колони або за режимом руху головної машини відповідно до вимог цих Правил. Але ми вже вище згадували про певну недосконалість цієї вимоги;
- якщо колона рухається без супроводження оперативними транспортними засобами, то дії водіїв транспортних засобів у колоні під час руху повинні відповідати вимогам ПДР України. Зокрема, це має стосуватися і проїзду регульованих перехресть, тобто водії повинні керуватися сигналами світлофорів при таких проїздах.

Отже, на цю другу вимогу, на думку авторів, необхідно обов'язково під час інструктажу перед початком руху звернути увагу водіїв, які будуть здійснювати рух своїх транспортних засобів у колоні. Обов'язковість ця пов'язана із тим, що під час руху також можливе виникнення ситуації, за якої дистанція між транспортними засобами у колоні з тих чи інших причин збільшується, вони перестають рухатися «...безпосередньо один за одним...». При цьому, якась частина цих транспортних засобів продовжує рух за головною машиною, дотримуючись її режиму руху, а друга частина відстає, і характер її руху перестає мати ознаки того, що вони є колоною.

Особливої небезпеки може набути також розвиток дорожньої ситуації, коли згадана вище перша частина колони проїде регульоване перехрестя на зелений сигнал світлофора, а друга частина лише наблизатиметься до перехрестя, знаходячись уже на чималій відстані позаду першої частини, і для неї увімкнеться заборонний сигнал світлофора. Водночас, помилковим може бути рішення водіїв транспортних засобів, які рухаються у згаданій вище другій частині колони, розпочати виїжджати на регульоване перехрестя на заборонний, сигнал світлофора, оскільки водії транспортних засобів, які через перехрестя мають проїхати



у поперечних напрямках, можуть уже розпочати свій рух або навіть здійснювати проїзд перехрестя на дозвільний, сигнал світлофора. Водії транспортних засобів, що будуть рухатись у колонах, повинні бути належно проінформовані старшим колони про можливі небезпечні ситуації під час руху колони, особливо при русі через регульовані перехрестя (особливо, коли по напрямку руху колони вмикається заборонний, червоний сигнал світлофора).

Можливість такого розвитку дорожньої ситуації під час руху колони накладає додаткові зобов'язання на старшого колони із забезпечення безпеки під час руху колони. Отже, він має враховувати наявність по маршруту руху колони регульованих перехресть, а також кількість транспортних засобів у колоні. Адже, чим вона більша, тим більша ймовірність, що під час руху колони може розділитися на дві чи більше частини. Тому, вважаємо доцільним відобразити і враховувати у вимогах ПДР України наявність таких ситуацій, тим більше, прогнозуючи зростання товарних поставок автомобільним транспортом як у воєнний, так і післявоєнний час для захисту та відбудови України.

Також, при проїзді перехрестя із обмеженою оглядовістю для забезпечення безпеки, автори цих тез відповідно рекомендували б розглянути й можливість встановлення спеціальних світлових та звукових сигналів і пристроїв на автомобілях супроводжуваної колони транспортних засобів, як чинника додаткового привертання уваги інших учасників дорожнього руху та підвищення безпеки при проїзді регульованих перехрестя із обмеженою оглядовістю. Відмітимо, що використання спеціальних світлових сигнальних пристроїв передбачено у Постанові кабінету міністрів України від 22.03.2017 року із змінами та доповненнями ( у чинній редакції). У цій Постанові зазначено, що пристрої «...спеціальні із світловими сигналами червоного, зеленого кольорів можуть встановлюватися як додаткове обладнання виключно на транспортних засобах відповідних підрозділів Національної поліції та Управління державної охорони, що здійснюють супроводження осіб, стосовно яких здійснюється державна охорона, та на транспортних засобах, які використовуються для пересування таких осіб;...». Однак цією Постановою не передбачається вимога для встановлення таких пристроїв на автомобілях у складі колони. Отже, було б також важливо ввести у згаданий розділ 25 ПДРУ певні доповнення щодо таких пристроїв, які б враховували згадані вище аспекти розвитку описаних ситуацій руху колони автомобілів, і не тільки супроводу та пересування осіб, стосовно яких здійснюється державна охорона.

Пропоновані зміни та доповнення до вимог чинних ПДР України (в частині руху колон), а також наведені особливості регламентації дій водіїв транспортних засобів, які рухаються у колонах, старших цих колон дозволять підвищити безпеку руху колон через регульовані перехрестя і, відповідно, зменшити ризики виникнення ДТП із тяжкими наслідками, оскільки колони, зазвичай, рухаються у воєнний час із значними швидкостями.

### **Література**

1. *Правила дорожнього руху відповідає офіційному тексту*. – К.: Арії, 2023. – 48.: іл.
2. *Галаса П.В. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод [Текст]: Посібник для спеціалістів та водіїв-аматорів/П.В. Галаса, В.Б. Кисельов, А.С. Куйбіда та ін.; під заг. ред.. П.В. Галаса; Український центр після аварійного захисту «ЕКСПЕРТ СЕРВІС»*. – К., 1995. – 190с.: іл.
3. *Постанова Кабінету Міністрів України № 176 від 22.03.2017 року із змінами та доповненнями, внесеними Постановою КМ № 83 від 31.01.2023 року*.

УДК 656.13

## РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТ В КОНТЕКСТІ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

### DEVELOPMENT OF CITY TRANSPORT NETWORK IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

**Роман Качмар**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The developed model for determining the dangers of road transport allows taking into account the economic equivalent of damages caused as a result of noise pollution of the environment, the result of the emission of toxic components of pollutants with the exhaust gases of car engines, and damages caused as a result of each type of traffic accident on the investigated section of the network roads.*

Сьогодні в Україні, на відміну від країн-членів ЄС, спостерігається негативна тенденція збільшення техногенного навантаження дорожнього транспорту на довкілля міст. Основною причиною цього є погіршення екологічної структури парку автомобілів через інтенсивне ввезення з-за кордону зношених автомобілів, продовження їх експлуатації (гранично зношених), відсутність системи підтримання технічного стану, фізичному вилученні екологічних систем двигунів автомобілів та відсутності державного контролю за технічним станом автомобілів і їх систем. Водночас недосконалість транспортної інфраструктури через збільшення загальної кількості автомобілів призводить до численних заторів та росту кількості дорожньо-транспортних пригод, особливо із травмованими та загиблими.

За даними [1], основним показником, який характеризує сукупний вплив дорожніх умов, навколишнього середовища, технічного стану автомобіля та психофізіологічних чинників на водія, визначено швидкість руху, причому як одиночного автомобіля, так і транспортного потоку. На основі натурних спостережень на автомобільній дорозі М-06 Київ – Чоп, було встановлено групи чинників, які мають найбільший вплив на швидкість руху [1].

На основі аналізу статистичних даних Центру безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем МВС України встановлено [2] основні причини виникнення ДТП, які призвели до смертельних наслідків. Дані наведені на основі аналізу періоду від 2014 до 2018 року. На першому місці серед причин смертей від ДТП з постраждалими, є вибір невідповідної швидкості водіями транспортних засобів – 41 % ДТП, далі порушення правил проїзду перехресть та недотримання безпечної дистанції (по 18 %). Також впливовими є керування у нетверезому стані, виїзд на зустрічну смугу руху та порушення правил маневрування (приблизно по 6-8 %).

Для обґрунтування комплексу робіт з реконструкції дороги чи її ділянки можуть використовуватися різноманітні методи, як окремо, так і в комбінації [3]. Однак, у процесі обґрунтування, деякі технічні параметри дороги, які не відповідають нормативним вимогам, але забезпечують фактичні експлуатаційні властивості дороги (такі як ширина дороги, кількість смуг руху та інші), часто не аналізуються та не враховуються. У сучасних умовах будівництва доріг в Україні, головним критерієм вибору проектних та технологічних рішень,

а також обсягів виконання будівельно-ремонтних робіт, є раціональне розподілення коштів. Доцільність експлуатації дороги без покращення певних її техніко-експлуатаційних показників є актуальним питанням, яке вимагає проведення докладних наукових досліджень. Щоб раціоналізувати витрати при реконструкції автомобільної дороги, можна зосередитись на транспортно-експлуатаційних показниках, які є незадовільними. Тому перед визначенням переліку цих показників необхідно провести комплексний аналіз всіх їх, зокрема врахувати період ефективного функціонування дороги без зміни параметрів [4].

З урахуванням цього, важливою науково-прикладною задачею є розроблення узагальненого методу для обґрунтування реконструкції автомобільних доріг. Цей метод повинен дозволити визначити перелік показників, які необхідно змінити для забезпечення безперервного та безпечного руху з нормативною швидкістю, а також оцінити витрати на їх впровадження. Такий підхід дозволить забезпечити оптимальну вартість реконструкції дороги за мінімального впливу на транспортний потік і безпеку руху [5].

Термін «сталий розвиток» сьогодні визначається як модель розвитку економіки і суспільства, за якої досягається задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей без позбавлення такої можливості майбутніх поколінь. В цьому контексті для якісної оцінки способів удосконалення роботи транспортної мережі міст, яка б включала в себе економічну і екологічну складову  $E_s$  можна врахувати мінімізацією таких показників сталого розвитку транспортної системи міст:

$$E_s = E_{noise} + E_{eko} + E_{accidentes} \rightarrow \min, \text{ грн/рік}, \quad (1)$$

де  $E_{noise}$  – економічний еквівалент збитків, які завдано у результаті дії шумового забруднення довкілля, грн, грн/рік;  $E_{eko}$  – економічний еквівалент збитків, які завдано у результаті викиду умовної тони токсичних компонентів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигунів автомобілів, грн/рік;  $E_{accidentes}$  – економічний еквівалент збитків, які завдано у результаті кожного виду ДТП, грн/рік.

Для оцінки значень цих збитків від дії різноманітних за фізичною суттю показників, було проведено аналіз чинників впливу на кожен із доданків взаємодії елементів системи «Автомобіль-водій-інші водії-дорога-середовище» (рис. 1). Причому локальними цілями впливу кожного з доданків є зниження негативного впливу кожного з них на рівні підсистеми.

Отже, на основі аналізу підсистем впливу різноманітних чинників на рівень створюваного негативного впливу на функціонування транспорту та, враховуючи вплив їх складових, рівень реалізації системної цілі щодо зниження економічної шкоди від впливу різноманітних небезпек, було обрано метод комплексної оцінки за зміною чотирьох основних елементів – взаємодії шин автомобіля з покриттям, інтенсивності та складу транспортних потоків, їх швидкості та середнього терміну служби. Зміна показників функціонування системи дозволить обрати ефективні шляхи сталого розвитку транспорту.

На основі системного аналізу розроблено модель процесу оцінювання ризиків від виникнення різноманітних небезпек та їх впливу на рівень екологічного забруднення придорожного середовища та шкоди від виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Сьогодні під час планування будь-яких заходів з покращення вулично-дорожньої мережі або встановлення обмежень максимальної швидкості руху на окремих ділянках доріг, необхідно враховувати потенційну небезпеку, яку створює автомобільний транспорт. Це можна зробити методом мінімізації витрат з урахуванням показників екологічної безпеки та забезпечення зниження рівня аварійності на ділянці до і після вдосконалення.

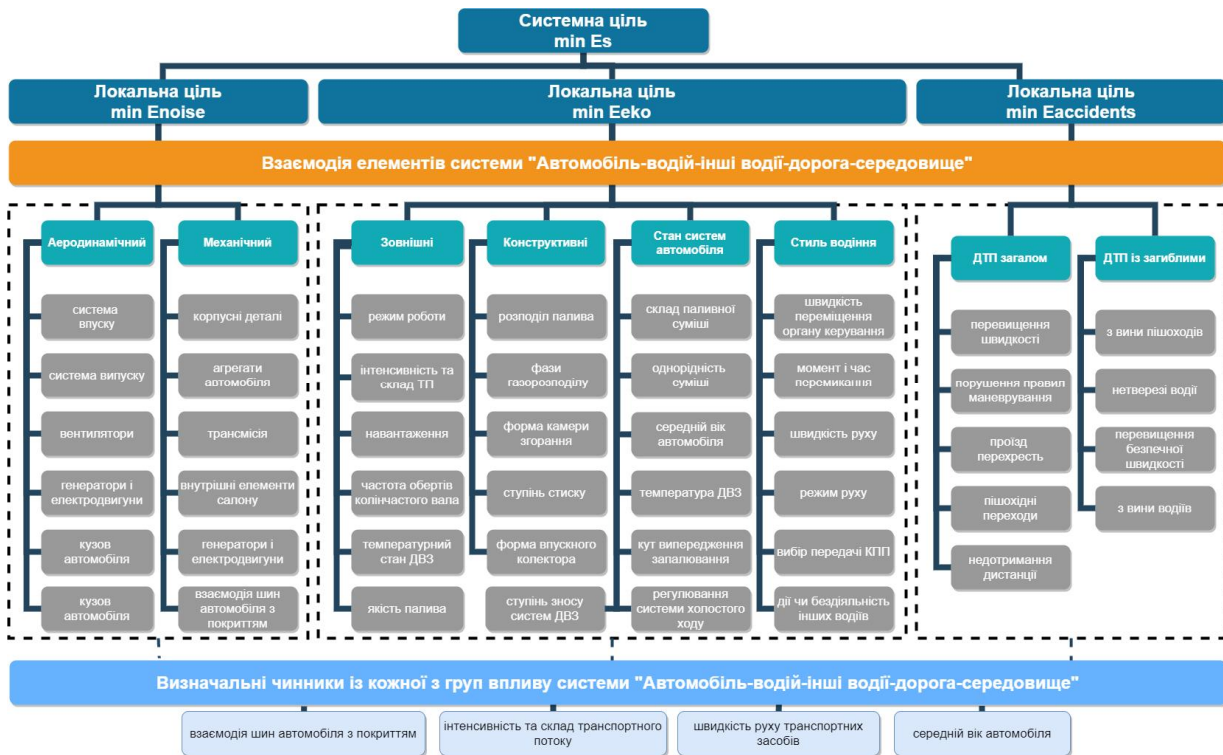


Рис. 1. Структура впливових елементів системи «Автомобіль-водій-інші водії-дорога-середовище» на загальний рівень сталого розвитку транспортної системи міст

Модель, яка була розроблена для визначення потенційної небезпеки від автомобільного транспорту в контексті сталого розвитку, дозволяє враховувати екологічні, соціальні та навіть економічні чинники, що включаються у пріоритетні завдання. Ці завдання мають на меті знизити негативний вплив транспорту на довкілля та забезпечити безаварійність при впровадженні різноманітних заходів щодо удосконалення транспортної мережі. Зміна одного з чинників неминуче призводить до зміни інших, тому необхідно шукати мінімальне значення створюваного рівня шкоди. Це дозволить знайти раціональні рішення щодо проблем вдосконалення організації дорожнього руху, а також встановлення заборон чи обмежень, таких як обмеження терміну служби транспортного засобу або заборона руху автомобілів з дизельними двигунами.

Отримані результати надалі будуть використані для розроблення математичної моделі функціонування транспортних систем міст.

### Література

1. Каськів В. І., Шапенко Є. М., Гульчак О. Д., Вознюк А. Б. Обґрунтування факторів впливу на безпеку руху. Дороги і мости. 2021. Вип. 23. С. 205–213..
2. Коваленко, Л. О. (2019). Основні причини скоєння дорожньо-транспортних пригод та їх наслідки. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, (86), 94-98.
3. Неизвестний С. В., Пальчик А. М. Аналіз методів, які використовуються при обґрунтуванні реконструкції автомобільних доріг // Дороги і мости. – 2020. – Вип. 21. – С. 70-76.
4. Kachmar, R., & Lanets, O. (2020). The impact of parameters of traffic flows of Lviv street-road network on the level of environmental and economic losses. *Transport Technologies*, (1), 83-91.
5. Kachmar, R. (2022). Complex assessment of road transport hazards. *Transport Technologies*, 1 (3), 2022, (1), 1-13.

УДК 656.13

## ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА ТРИВАЛІСТЬ ТРАНСПОРТНОЇ ЗАТРИМКИ

INFLUENCE OF THE TRAFFIC FLOW VOLUME ON  
THE TRANSPORT DELAY'S DURATION

**Тарас Постранський, Андрій Вельган**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*Traffic delay is often one of the indicators that can be used to analyze the functioning of traffic management schemes, in particular traffic light regulation systems. However, an equally important influencing factor that must be taken into account is the traffic flow volume. An increase in its value can lead to an increase in the duration of the transport delay.*

Зростання рівня автомобілізації призводить до виникнення все нових проблем, які особливо гостро постають у міських умовах руху. Часто вони зумовлюють як зниження показників продуктивності функціонування транспортної системи, так і підвищення рівня шумового та екологічного забруднення, утворення нових та збільшення існуючих транспортних заторів, зростання витрат часу населення на пересування, зниження рівня безпеки дорожнього руху тощо. Як наслідок, постають нові завдання щодо реорганізації існуючих схем руху, впровадження та удосконалення систем світлофорного регулювання, влаштування смуг для руху громадського транспорту. При цьому, індикаторами функціонування схем організації дорожнього руху та продуктивності роботи транспортної системи загалом, обирають [1, 2]:

- середню тривалість руху;
- середнє значення транспортної затримки;
- швидкості руху транспортних засобів.

Під час оптимізації роботи системи світлофорного регулювання часто використовують показник затримки в русі транспортних потоків на підходах до перехрестя. Це зумовлено тим, що вона відносно легко визначається, має чітку фізичну величину та можна отримати шляхом проведення моделювання як із застосуванням математичних підходів, так і відповідного програмного забезпечення. При цьому, транспортна затримка на регульованому перехресті – це вид затримки, який є наслідком зменшення швидкості руху транспортних засобів спричинених сигналами світлофорів. У цьому разі її величина відображається різницею фактичної тривалості руху транспортного засобу через перехрестя та тривалістю його проходження у вільних умовах без наявності світлофорного регулювання [3].

Математично тривалість затримки одного транспортного засобу часто визначають з використанням припущення, що середнє її значення дорівнює половині часу, протягом якого рух заборонено [3]:

$$d = \frac{T_u - t_3}{2}, \quad (1)$$

де  $T_u$  – тривалість циклу регулювання, с;  $t_3$  – тривалість дозвільного сигналу, с.

Проте, зростання інтенсивності руху призводить до появи різного роду додаткових чинників, які зумовлюють збільшення тривалості транспортної затримки. Для визначення такого впливу за об'єкт дослідження обрано Х-подібне перехрестя вулиць з багатосмоговою проїзною частиною (рис. 1) та наявною системою світлофорного регулювання (рис. 2).

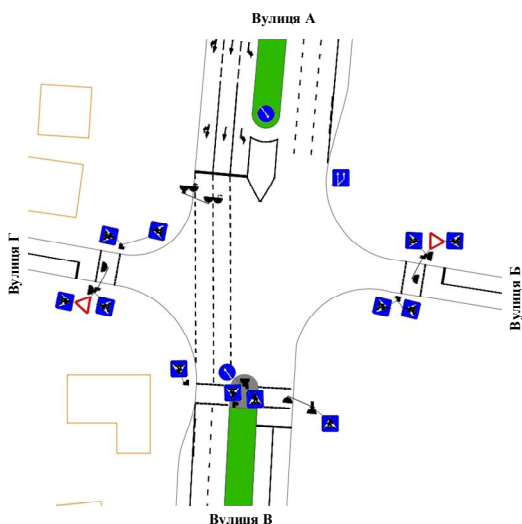


Рис. 1. Схема досліджуваного регульованого перехрестя вулиць

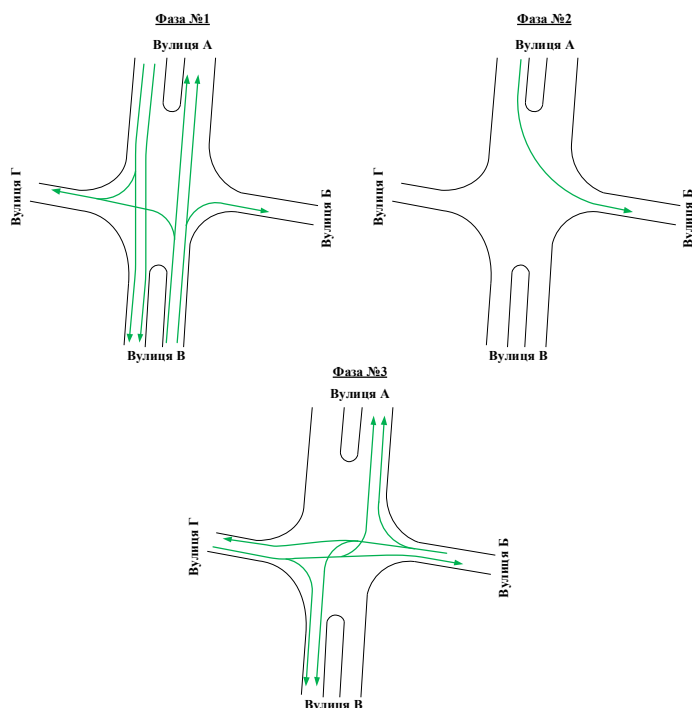


Рис. 2. Фази світлофорного регулювання

Моделювання роботи досліджуваного перехрестя здійснювалося у програмному середовищі PTV VISSIM (рис. 3). При цьому, вхідні дані для створення моделі руху транспортних засобів отримані на основі результатів натурних спостережень безпосередньо на вулично-дорожній мережі. Враховувалися як параметри транспортного потоку, так і показники роботи системи світлофорного регулювання.

З використанням створеної моделі здійснено моделювання руху транспортних потоків та визначено зміни тривалості транспортної затримки (рис. 4). При цьому, в змінною величиною була інтенсивність руху.

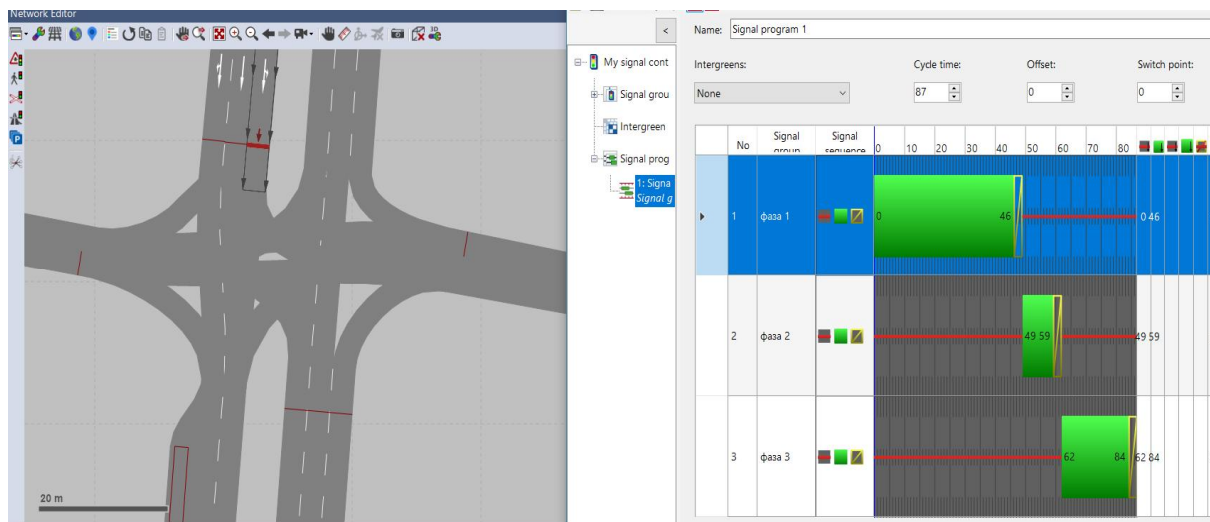


Рис. 3. Модель досліджуваного перехрестя вулиць у програмному середовищі PTV VISSIM

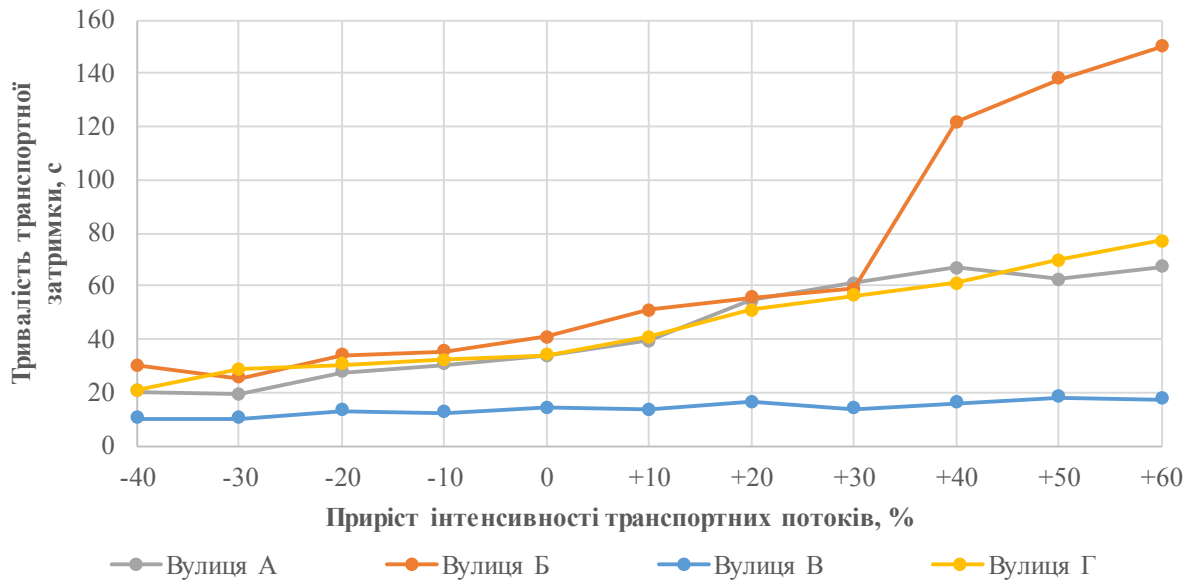


Рис. 4. Графік зміни тривалості транспортної затримки залежно від зміни інтенсивності на досліджуваному перехресті вулиць

Математичне відображення тривалості затримок на досліджуваному перехресті матиме вигляд:

$$d = 0,5022 N^2 - 0,1545 N + 20,214 \quad (1)$$

де  $N$  – інтенсивність транспортного потоку, од/год.

Таким чином встановлено, що значення інтенсивності руху транспортних потоків має вагомий вплив на показник тривалості транспортної затримки. З рис. 4 видно, що тривалість затримки на вулиці В істотно не збільшується. Це зумовлено тим, що цей підхід має багатосмугову проїзну частину та значну тривалість дозвільного сигналу (46 с.). Тривалість затримки з підходу з вулиці А є дещо більшою і стрімко зростає із збільшенням кількості транспортних засобів. Це пов'язано з лівим поворотом, для якого відведено лише 10 с. У свою чергу на підходах до перехрестя з вулиць Б та Г затримка стрімко зростає і це пов'язано з тим, що це другорядні напрямки на досліджуваному перехресті і для них виділено незначну тривалість дозвільного сигналу (22 с.). Можна стверджувати, що хоча на процес утворення транспортної затримки у значній мірі впливає інтенсивність руху транспортного потоку, однак потрібно враховувати й інші не менш важливі чинники впливу.

## Література

1. Fornalchyk Ye. To determination of traffic delay at controlled intersection / Ye. Fornalchyk, V. Hilevych // *Transport technologies*. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. № 1(1). – С. 65-72
2. Форнальчик Є. Ю. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
3. Гілевич В. В. Підвищення ефективності роботи регульованих перехресть з жорсткими світлофорними циклами : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Гілевич В. В. – Львів, 2016. – 169 с.

УДК 656.13

## КООРДИНАЦІЯ РОБОТИ ЛОКАЛЬНИХ СВІТЛОФОРІВ І РОЗВИТОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

### COORDINATION OF FIXED-TIME TRAFFIC LIGHTS AS A WAY TO DEVELOP SIGNAL CONTROL SYSTEMS IN CITIES

**Володимир Шевченко**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002*

*The paper confirms the effectiveness of the coordinated operation of fixed-time traffic lights in the case study of a 1.8 km section of Nauky Ave (Kharkiv, Ukraine) with six intersections.*

Обґрунтування ефективного напрямку розвитку існуючих систем організації дорожнього руху (ОДР) є важливим завданням не лише для українських міст, а й для міст багатьох країн, що розвиваються. Технічною базою такого розвитку зазвичай є локальні світлофорні об'єкти (СО) з жорсткими світлофорними циклами, які є найбільш доступним засобом розподілу в часі конкуруючих потоків учасників руху на перехрестях вулиць і доріг на одному рівні. У розвинених країнах у містах вже давно та активно застосовуються адаптивні СО, які працюють як в ізольованому режимі, так і в складі координованих груп світлофорів. Така паралельна робота міських систем ОДР з адаптивними СО у координованому та некоординованому режимах залишає країни, що розвиваються, без відповіді на питання про те, який метод розвитку систем локальних СО є ефективним: створення жорстких планів координації (ПК) на фрагментах вулично-дорожньої мережі (ВДМ) в містах або перехід на дорогі адаптивні світлофори?

Для того, щоб відповісти на це актуальне питання, доцільно оцінити потенційні можливості координації локальних світлофорів. З цією метою найбільш показовим є розгляд реалізованого на практиці ПК, який дозволяє отримати уявлення про реальну результативність координації з точки зору учасників руху з метою об'єктивної оцінки його ефективності.

Об'єктом дослідження став фрагмент просп. Науки в м. Харків між вул. Мінської та просп. Незалежності, довжиною 1,8 км, на якому функціонують шість локальних світлофорів, з яких два крайніх мають два основних такти у циклі, чотири проміжних з них три такти, з виділеним лівим поворотом. Всі вони обладнані лічильниками зворотного відліку, що покращує умови реалізації плану координації. Цей фрагмент має роздільну смугу, проїзна частина на різних ділянках містить або чотири, або три смуги руху. Він відіграє дуже важливу роль в транспортній системі Харкова, оскільки є одною з основних магістралей міста. Цим обумовлена висока інтенсивність транспортних потоків на ньому та навколо нього, яка в денні години дуже наближена до пропускної спроможності перехрестя, а в ранкові та вечірні пікові періоди навіть перевищує її, що призводить до великих черг перед світлофорами та значних затримок транспортних засобів на них. Така ситуація була характерною для цього фрагменту протягом багатьох попередніх років.

Зусиллями ХНАДУ для нього був розроблений план координації за допомогою нового методу, який враховує наявність додаткових транспортних засобів, які накопичуються на перехрестях протягом заборонного сигналу для зеленої хвилі (ЗХ), і визначає тривалість світлофорного циклу на основі завдання довжини пачки. Цей план був впроваджений у практику в грудні 2021 року за допомогою GPS синхронізаторів, якими були дообладнані контролери світлофорних об'єктів.



Параметри створеного плану координації руху наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Параметри роботи СО в ПК**

Назва перехрестя по просп. Науки	Основні такти, с					Ра- зом	Зсув, с
	просп. Науки		Другоряд-ний	Лівий поворот			
	до Центру	від Центру		до Центру	від Центру		
вул. Мінська	40		31	-		77	0
вул. Новгородська	26		25	19			22
вул. Космічна	32		24	14			50
вул. Бакуліна	30		26	14			74
вул. Культури	33	30	23	17	14		31
просп. Незалежності	35		36	-			63

Для оцінки ефекту від координації світлофорів були використані дані від компанії TomTom. Ця компанія має у своєму розпорядженні близько 600 млн. підключених навігаційних пристроїв, також займається збором додаткових даних від інших операторів BigData. З 2005 року зберігає та аналізує інформацію щодо дорожнього руху у 81 країні світу. Дані, які аналізує TomTom, є знеособленими треками автомобільних поїздок з фіксацією поточного часу та відповідного розташування автомобіля.

Навігаційне обладнання чи програмне забезпечення, які збирають і опрацьовують дані для TomTom, мають далеко не всі автомобілі, тому кількість зафіксованих треків TomTom є підмножиною повного обсягу трафіку в межах досліджуваної території, але в цьому разі достатнім є те, що поїздки через ділянки ВДМ здійснюються не одним, а багатьма водіями в обраних напрямках руху, які можуть охоплювати не лише власне просп. Науки, а й другорядні вулиці, котрі його перетинають. Це забезпечує комплексність та об'єктивність оцінки результатів впровадження ПК.

Першим кроком аналізу даних TomTom стала оцінка часу проїзду за координованим напрямом вздовж просп. Науки. Задля цього були використані результати поїздок автомобілів з навігаторами TomTom, у періоди 08-21 лютого 2021 року та 07-20 лютого 2022 року, які повністю долали маршрут від початку фрагменту перед вул. Мінською, до ділянки мережі за перехрестям просп. Науки з просп. Незалежності і у в зворотному напрямі у пікові години з 9<sup>00</sup> до 10<sup>00</sup> у прямому напрямі зеленої хвилі та з 16<sup>00</sup> до 17<sup>00</sup> у зворотному (табл. 2).

Таблиця 2

**Середній час поїздки автомобілів з навігаторами TomTom координованим маршрутом**

Маршрут прямування	Кількість поїздок, од	До ЗХ, хв:сек	Кількість поїздок, од	Із ЗХ, хв:сек	Різниця, хв:сек	Відсоток, %
прямий напрям – від вул. Мінської до просп. Незалежності						
Ліворуч	47	9:02	110	5:47	-3:15	35,98
Прямо	9	8:42	20	6:18	-2:24	27,59
Праворуч	46	8:32	122	6:16	-2:16	26,56
Загалом	102	8:46	252	6:03	-2:43	30,99
зворотний напрям – від просп. Незалежності до вул. Мінської						
Ліворуч	40	9:42	75	6:48	-2:54	29,90
Прямо	20	8:19	37	7:08	-1:11	14,23
Праворуч	27	9:03	54	6:50	-2:13	24,49
Загалом	87	9:10	166	6:53	-2:17	25,00

Результати поїздок автомобілів з навігаторами TomTom продемонстрували високу ефективність впровадження ПК: тривалість поїздки скоротила в обох напрямках руху ЗХ, у прямому напрямі майже на третину, у зворотному – на чверть. В отриманих від TomTom результатах також звертає на себе увагу приблизно двократне зростання кількості поїздок у 2022 році порівняно з 2021 роком, що може свідчити про зростання інтенсивності транспортних потоків на цьому фрагменті просп. Науки, але стверджувати це можливо лише після додаткової перевірки на більшому масиві даних. До того ж такі дані не є комплексною оцінкою результатів впровадження ПК, оскільки не відображають поїздок по другорядних під'їздах до просп. Науки.

Задля комплексної оцінки результатів впровадження ПК, з врахуванням поїздок іншими маршрутами, в яких координований фрагмент проспекту Науки задіяний лише частково, але яких нові параметри роботи світлофорів також стосуються, були придбані дані з області ВДМ, яка оточує координований фрагмент просп. Науки. Ці дані охоплюють 133 елементарні ділянки ВДМ та використовувати їх доцільно іншим шляхом – через порівняння швидкості руху на досліджуваному фрагменті ВДМ внаслідок відсутності прив'язки до конкретних маршрутів. Отримані значення наведені у табл. 3.

Таблиця 3

**Кількість поїздок та середня швидкість руху ТЗ на всіх ділянках фрагменту ВДМ  
навколо координованого фрагменту просп. Науки**

Показник	2021 рік	2022 рік	Різниця	Відсоток, %
Кількість поїздок, тис. од.	632,0	902,9	270,9	42,86
Середня швидкість, км/год	22,44	24,27	1,82	8,12
Сумарна довжина ділянок, км	6,64			

За даними TomTom помітним є збільшення середньої швидкості руху ТЗ у січні 2022 року на 8,12 % порівняно з січнем 2021 року, що сталося на фоні значного зростання трафіку на 42,86 %. Це досить переконливо свідчить про корисність розробленого ПК, але вони не в повній мірі відображають чистий ефект від впровадження ЗХ на фрагменті просп. Науки. Причиною є те, що за період з січня 2021 року по січень 2022 року здійснювався не один, а два процеси – зростання інтенсивності ТП та впровадження ПК на просп. Науки. За цих умов можна вважати, що ефект безпосередньо від впровадження ПК, який міг би бути досягнутий за постійного трафіку на досліджуваному фрагменті ВДМ, ймовірно є краще отриманого вище середнього значення. Причиною цьому є збільшення тривалості простою ТЗ в очікуванні можливості проїзду регульованих перехрест' з жорсткими циклами, яке завжди супроводжує зростання інтенсивності руху на них та означає відповідне скорочення середньої швидкості руху ТЗ на ділянках ВДМ, що підходять до перехрест'я. Тобто реалізація ПК в умовах підвищеної відносно базового періоду інтенсивності ТП завідомо призвела до гірших результатів, ніж якщо би цей план реалізовувався за тої самої інтенсивності, що спостерігалася в базовому періоді. На основі докладного аналізу швидкості руху на різних ділянках, в умовах припущення про рівну інтенсивність руху в 2021 та 2022 роках на другорядних від'їздах і на самому просп. Науки, скорегована нижня оцінка безпосереднього ефекту від запровадження ПК відповідає збільшенню середньої швидкості руху ТЗ на координованому фрагменті проспекту на  $8,12+3,47=11,59$  %. Навіть мінімальна оцінка результативності цього заходу повністю підтверджує висновки щодо високої ефективності жорсткої координації роботи світлофорів на просп. Науки. Така однозначна та висока результативність цього заходу, з урахуванням мінімальних витрат на його реалізацію однозначно свідчить на користь першочергового використання засобів магістральної координації у містах України порівняно з розвитком високовартісних систем адаптивного світлофорного регулювання.

УДК 656.13

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СКЛАДНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ ШЛЯХОМ ЗАБОРОНИ ЛІВОПОВОРОТНИХ МАНЕВРІВ

### INCREASING THE EFFICIENCY OF COMPLEX INTERSECTIONS BY PROHIBITING LEFT-TURN MANEUVERS

**Роман Бойків, Жанна-Марія Анур'єва, Олег Мусянович**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*A study of a regulated intersection of city streets was conducted. The main problem that is being solved is the reduction of queue lengths at the approaches to such intersections due to the prohibition of left-turn maneuvers.*

Одним з напрямів вдосконалення ефективності роботи перехресть та функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст загалом є підвищення безпеки руху транспорту з урахуванням планування розвитку транспортної мережі та скорочення довжини черги транспортних засобів перед перехрестям.

Управління дорожнім рухом, як відомо, надзвичайно складний процес, тим більше, якщо йдеться про управління транспортними потоками у великих містах. Найбільш проблематичною і до кінця не вирішеною є проблема управління проїздом інтенсивних транспортних потоків через регульовані перехрестя [1].

Регульоване перехрестя є одним з найпоширеніших типів вузлів ВДМ міст. Загалом, затори і затримки транспорту виникають саме на регульованих перехрестях, які і обмежують пропускну здатність вулиць та доріг, особливо у центральній частині міст. Тому, якість організації дорожнього руху на регульованих перехрестях, в першу чергу, впливає на показники функціонування транспортної мережі та ефективність роботи громадського транспорту [2].

Альтернативні схеми організації дорожнього руху на перехресті можуть зменшити затримки руху та підвищити безпеку дорожнього руху. Тому удосконалення технології управління транспортними потоками є важливим завданням, пов'язаним з підвищенням ефективності міських транспортних систем. В умовах постійного зростання кількості автомобілів у великих містах України, параметри вулиць та пропускну здатність елементів ВДМ майже не змінюється, тому одним із головних напрямків підвищення пропускну здатності ВДМ є оптимізація режимів світлофорного сигналізації на перехрестях з метою максимального використання їх пропускну здатності [1-2]. Застосування трьох фаз і більше на складних перехрестях пов'язано, як правило, із значною інтенсивністю лівоповоротних потоків або пішохідного руху. Оскільки автомобілі, які повертають ліворуч при двофазному світлофорному регулюванні та інтенсивному зустрічному потоці, вимушені перебувати в зоні перехрестя, що зазвичай створює небезпеку в русі до кінця дозволяючої фази. Також дозволений лівоповоротний маневр на регульованому перехресті суттєво впливає на кількість дорожньо-транспортних подій (ДТП) на них. Аналіз аварійності на регульованих перехрестях за наявності лівого повороту трапляються часто, що призводять до важких травм на пішохідних переходах. Також, передбачення лівих поворотів в окремій фазі регулювання

вимагає більш високу потребу в балансуванні її тривалості та безпеці під час проектування і змін схеми організації дорожнього руху, тому підвищення ефективності роботи складних перехресть є актуальною задачею, яка потребує досліджень та дозволить визначити найефективніший тип світлофорної сигналізації. Облаштування лівоповоротних потоків на перехрестях з чотирма і більше підходами зі всіма дозволеними напрямками не є безпечним, особливо у міських умовах руху, оскільки такі особливості міських вулиць, як паркування на підходах та поблизу перехресть.

Дослідження та моделювання руху транспортного потоку на основі зміни умов руху на перехресті вулиць Франка – Князя Романа – Левицького – Герцена буде здійснюватися в середовищі PTV Vissim. Дане перехрестя розташоване у центральній частині м. Львова і характеризується п'ятьма підходами, наявністю пішохідних потоків та маршрутів громадського транспорту. На перехресті налічується 8 транспортних та 5 пішохідних потоків відповідно рис. 1а. На підходах №4 та №5 дозволені лівоповоротні маневри. На підходах №2 та №4 наявний односторонній рух у сторону центру міста. На підході №1 до перехрестя дозволений рух виключно громадському транспорту (автобусам та трамваям). На всіх підходах до перехрестя, окрім підходу №2, тип покриття бруківка. Загалом, в зоні перехрестя існує житлова забудова офісні приміщення та різні об'єкти міської інфраструктури.

Для створення моделі роботи перехрестя за існуючих умов руху будуються необхідні відрізки з параметрами вулиць на кожному із підходів, пішохідні переходи та зазначаються дозволені напрямки руху різних типів транспортних засобів (ТЗ). Імітаційна модель регульованого перехрестя створена у середовищі PTV Vissim та наведено на рис.1б.

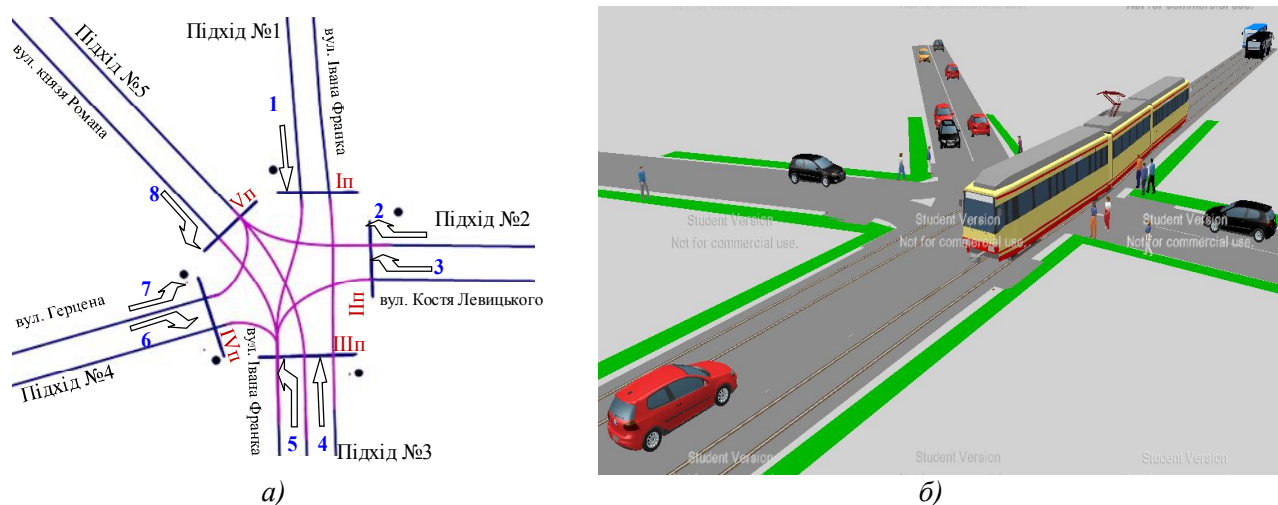


Рис.1. Існуюча схема руху потоків на перехресті вулиць Івана Франка–Князя Романа – Левицького – Герцена (а) та модель його у середовищі PTV VISSIM (б)

Імітаційне моделювання на перехресті дасть можливість визначити загальну довжину черги на перехресті вулиць Івана Франка–Князя Романа – Левицького – Герцена за наявності дозволених маневрів ліворуч на перехресті та їх заборони, що в майбутньому дозволить прийняти та застосувати проектні рішення щодо підвищення ефективності його роботи.

Перехрестя характеризується наявністю великої кількості маршрутів громадського транспорту (ГТ), в тому числі, трамваїв. На перехресті вулиць існує значна інтенсивність пішоходів. Роз'їзд транспортних і пішохідних потоків відбувається у чотирьох фазах. Існуюча тривалість світлофорного циклу становить 90 с. У першій фазі здійснюють рух транспортні потоки 2-3, а також пішохідні I та III, тривалість фази складає 20 с. У другій фазі

рух здійснюють транспортні потоки 4,5,8 та здійснюють перехід пішоходи через вул. Герцена (пішохідний потік IV) тривалістю – 26 с. Тривалість третьої фази складає 16 с, тут рух здійснюють транспортні потоки 6-7 та пішохідний потік II. У четвертій фазі рух здійснює громадський транспорт зі сторони центру та пішохідний потік V. Графік роботи світлофорної сигналізації на перехресті вулиць наведено на рис. 2.

Номер потоку	Графік ввімкнення світлофорних сигналів, с										Тривалість сигналів		
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	$t_s$	$t_j$	$t_r$	
2,3	[Графік: червоний блок до 20с, жовтий до 22с, червоний до 90с]										20	4	58
4, 5, 8	[Графік: червоний блок до 15с, жовтий до 17с, зелений до 26с]										26	4	52
6,7	[Графік: червоний блок до 25с, жовтий до 27с, зелений до 36с]										19	4	59
1	[Графік: червоний блок до 30с, жовтий до 32с, зелений до 41с]										13	4	65
II, IIIп	[Графік: зелений блок до 15с, червоний до 70с]										20	-	70
IIIп	[Графік: червоний блок до 25с, зелений до 34с, червоний до 71с]										19	-	71
IVп	[Графік: червоний блок до 15с, зелений до 26с, червоний до 64с]										26	-	64
Vп	[Графік: червоний блок до 30с, зелений до 43с, червоний до 77с]										13	-	77

Рис. 2. Існуючий графік увімкнення світлофорної сигналізації на перехресті вулиць

Моделювання роботи перехрестя буде проводитись за умови дозволених лівопоротних потоків та їх заборони. Проведення імітаційного моделювання за існуючої тривалості циклу регулювання дасть можливість визначити загальну зміну довжини черг транспортних потоків на всіх підходах до перехрестя. Тривалість імітації буде складати 10 хв. Результати моделювання сумарної довжини черг відносно стоп-лінії з урахуванням існуючої тривалості циклу регулювання наведено на рис.3.

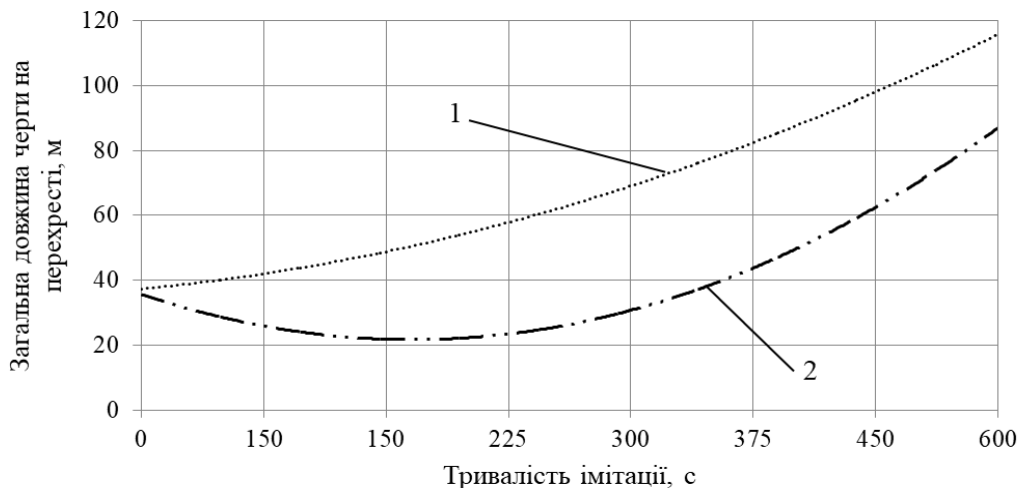


Рис. 3. Зміна загальної довжини черги на регульованому перехресті за існуючої тривалості циклу за умови дозволених лівопоротних потоків (1) та їх заборони (2)

Аналізуючи результати моделювання роботи перехрестя вулиць Івана Франка–Князя Романа – Левицького – Герцена за дозволених маневрів ліворуч та їх відсутності, варто зазначити, що заборона лівоповоротних потоків або їх часткове обмеження позитивно впливає на роботу всього перехрестя. З початку імітації загальна довжина черги на всіх підходах перехрестя суттєво не відрізнялась і складала близько 40 м за обох умов руху.

Однак в подальшому загальна довжина черги на перехресті має тенденцією до зменшення за відсутності дозволених маневрів ліворуч. Це пояснюється тим, що для здійснення пороту ліворуч витрачають більше часу для його здійснення, а за заборони лівоповоротних маневрів автомобілі, які хочуть здійснити цей маневр їхали прямо і не відбувалось сповільнення всього транспортного потоку. Можна зазначити, що загальна довжина черги протягом кількох циклів моделювання на всіх підходах перехрестя за заборони маневру ліворуч скорочується орієнтовно на 20 %.

Як показують результати моделювання загальної довжини черги ТЗ перед стоп-лінією, найбільша черга ТЗ спостерігається під час виконання поворотних маневрів, особливо лівоповоротних. Тому, щоб задовільнити потреби у русі транспортні та пішохідні потоки на регульованих перехрестях, особливо у центральній частині міст потрібно розглядати обмеження поворотних маневрів та облаштовувати перехрестя з точки мінімізації загальної довжини черг на всіх підходах до перехресть.

### **Література**

1. *Формальчик Є. Ю. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах : монографія / Є. Ю. Формальчик, І. А. Могіла, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред Є. Ю. Формальчика. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с.*

2. *Грицунь О. М. «Обґрунтування раціональних режимів світлофорного регулювання з урахуванням характеристик транспортних потоків і поведінки пішоходів» дис. канд. тех. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2019.*

**УДК 656.13**

## **ВПЛИВ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ НА ПАРАМЕТРИ КООРДИНОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РУХОМ**

### **INFLUENCE OF PEDESTRIAN FLOWS ON PARAMETERS OF COORDINATED TRAFFIC CONTROL**

**Юрій Євчук**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The article examines the problem of the occurrence of time delays of transport in systems of coordinated traffic management. The problem of influence of pedestrian flow characteristics on the value of this delay is described in more detail.*

Підвищення рівня автомобілізації, а також рухомості населення призводить до збільшення попиту на переміщення. При цьому спостерігається тенденція до перевантаження вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста транспортними засобами, оскільки часто прогнози перспективного приросту інтенсивності руху під час проектування вулиць не підтверджуються. Це негативно впливає на низку характеристик вулиць, основними з яких є часові

затримки транспортних засобів, ускладнення пішохідного руху та забруднення довкілля відпрацьованими газами.

Такі проблеми вимагають комплексного підходу до вдосконалення організації руху на ВДМ, адже перенасичення транспортом має переважно зональний характер. Особливості структурно-планувальної схеми ВДМ безпосередньо впливають на низку заходів, які необхідно здійснити для покращення ситуації із затримками руху. Розглянемо цю проблему на прикладі м. Львова, яке має типову радіально-кільцеву схему ВДМ. Головними транспортними напрямками руху тут є радіальні міські магістралі, які забезпечують зв'язок периферійних районів із центром міста. Основним завданням за таких умов є забезпечення швидкого виводу транспорту в напрямку від центру міста з мінімальними затримками руху та зменшення кількості зупинок. При цьому труднощі реалізації цього процесу викликані кількома чинниками, найвагомішими з яких є відмінності в геометричних параметрах вулиць на всій їх протяжності (ця проблема є характерною саме для радіально-кільцевої схеми ВДМ, адже магістральна вулиця має значну протяжність та охоплює різні райони міста, кожен з яких має власні параметри, типову забудову тощо) та велика кількість примикань другорядних напрямків.

Для зменшення затримок на регульованих перехрестях використовують два методи управління світлофорними циклами – координоване та локальне, кожне із яких може програмуватись жорстко або адаптивно. Перший метод управління доцільніше використовувати на магістральних вулицях із відстанню між перехрестями або регульованими пішохідними переходами до 1000 м, оскільки при більшій відстані, сформована протягом заборонного сигналу на першій стоп-лінії, група транспортних засобів розпадеться. При цьому треба застосовувати жорсткі цикли регулювання світлофорними об'єктами, оскільки таким чином можна забезпечити чітку тривалість стрічки часу безперервного руху для утвореної групи транспортних засобів. Ці групи потрапляють у так звану «зелену хвилю», що значно пришвидшує проїзд ділянкою вулиці. Головними недоліками цього методу управління транспортними потоками є:

- складність забезпечення мінімізації часових затримок водночас для протилежних напрямків руху;
- недосконалий алгоритм врахування додаткових транспортних засобів перед стоп-лінією, які виїжджають з другорядних вулиць, що примикають до магістралі та створюють стартову затримку для автомобілів, які рухаються із попереднього світлофорного об'єкта у «зеленій хвилі»;
- недостатнє врахування особливостей формування (поведінки, характеру руху та інтенсивності) пішохідних потоків на величину цих затримок.

У роботі [1] описано перевагу координованого руху для міських магістралей, оскільки такий метод регулювання дозволив зменшити часові затримки порівняно з системою без координації для груп транспортних засобів, які рухаються у «зеленій хвилі» на 45–50%, залежно від напрямку (прямий та зустрічний) руху для головного координованого напрямку. Водночас тут відзначається, що зменшення сумарних затримок для усіх напрямків перехресть системи координації за такого режиму роботи світлофорних об'єктів та високої інтенсивності транспортних потоків мінімальне, і становить менше 3,5%. Це свідчить про те, що координоване управління не здатне задовольнити усі напрямки руху, особливо другорядні, і зорієнтоване на беззупинний проїзд для транспортних засобів «зеленої хвилі».

Аналіз досліджень [2, 3] щодо координованого управління показує фокусування існуючих методів з цієї проблематики на зменшенні транспортних затримок, оминаючи або поверхнево розглядаючи інтереси пішохідних потоків. Зазвичай у циклі світлофорного

регулювання на магістральних вулицях загальноміського значення пішоходам виділяють рівно стільки часу, скільки їм потрібно для перетину проїзної частини. Проте, на практиці бачимо, що це не завжди відповідає потребам учасників дорожнього руху, які переміщуються без використання моторизованого транспорту, а також умовам безпеки руху.

З іншого боку, аналізуючи моделі поведінки пішоходів, можна зробити висновок, що невелика кількість дослідників, у порівнянні з тими, хто акцентує увагу на проблемах транспорту, поєднує проблематику пішохідного руху в умовах координації. Характер пішохідного руху є дуже непередбачуваним. Типову поведінку пішоходів та кількість порушень ними правил дорожнього руху при здійсненні переходу проїзної частини залежно від зони, у якій розташоване перехрестя, описано у роботі [4]. Тут наведено результати дослідження часових затримок транспортного потоку, проте розглядаються лише локальні об'єкти, а не системи перехресть та регульованих пішохідних переходів. До того ж, недостатньо уваги присвячено проблемі затримки у зустрічних пішохідних потоках під час їх взаємодії на середині шляху переходу.

Також варто враховувати, що у центральній частині міста зазвичай немає можливості почергового пропуску пішоходів через зустрічні смуги руху транспорту, оскільки відсутня (або не достатньої ширини) розділова смуга, тому пішохідні групи мають долати усю ширину проїзної частини за один дозвільний сигнал. Для центральної частини м. Львова характерними є невеликі відстані прогонів (100–150 м), тому проблема зустрічі інтенсивних пішохідних груп на середині шляху набуває особливого значення. Так, при додатковій затримці транспорту на 4 с, яка пов'язана із потребою завершення переходу інтенсивних пішохідних потоків, які затримались на проїзній частині і не мали можливості зупинитись на середині шляху, і відстані прогону до 150 м, руйнується стрічка часу для безперервного руху груп транспортних засобів. Такі затримки обумовлюють накопичення кількості автомобілів на підходах до стоп-ліній і ускладнюють процес виведення транспорту із центру міста. Виходячи із цього, актуальною є потреба у проведенні додаткових досліджень та моделюванні режимів роботи світлофорного регулювання у групах об'єктів, які об'єднані системою координованого управління, із детальнішим урахуванням характеристик пішохідного руху, як одного із чинників впливу на часові затримки транспорту.

### Література

1. *Innovative method for remotely fine-tuning offsets along a diverging diamond interchange corridor* / S. R. Kim, S. Warchol, B. J. Schroeder, C. Cunningham. // *Transportation research record*. – 2016. – №2557. – С. 33–43.
2. Семченко Н. О. Дослідження параметрів руху груп транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міст / Н. О. Семченко, Є. Б. Решетніков. // *Комунальне господарство міст*. – 2018. – №7. – С. 12–19.
3. Любий Є. В. Аналіз методів формування планів координації світлофорних об'єктів / Є. В. Любий. // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. – 2022. – №2. – С. 108–122.
4. Грицунь О. М. Обґрунтування раціональних режимів світлофорного регулювання з урахуванням характеристик транспортних потоків і поведінки пішоходів : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Грицунь О. М. – Львів, 2019. – 167 с.



УДК 629

## ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНІ ПРИГОДИ

IMPACT OF ROAD TRANSPORT ON THE ENVIRONMENT AND TRAFFIC ACCIDENTS

Юрій Стець<sup>1</sup>, Катерина Фурман<sup>1</sup>, Мар'ян Гіць<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет «Львівська політехніка»  
вул. Ст. Бандери, 32, м. Львів, 79013

<sup>2</sup> Львівський науково-дослідний інститут судової експертизи,  
вул. Липинського, 54, м. Львів, 79024

*Analysis of the impact of transport products on the environment showed that environmental and noise pollution has a huge negative impact on human health and the climate. Emissions of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, ozone, benzene, as well as finely dispersed solid particles into the air lead to malfunctions in the respiratory, cardiovascular and nervous systems of a person. Noise produced by transport provokes problems with the nervous system and leads to deterioration of the heart. All this indicates the need to take measures to improve the environmental situation in cities, in particular through the application of the policy of sustainable development of transport systems.*

Сучасний розвиток цивілізації поряд з тим, що набуває значних темпів, супроводжується і низкою проблем. Наприклад, інтенсивний розвиток автомобільного транспорту не лише сприяє задоволенню зростаючих потреб суспільства, але має і негативні наслідки. Ріст автомобільного парку призводить до збільшення інтенсивності руху транспортних засобів, тягне за собою зниження рівня безпеки дорожнього руху, численні жертви і значну шкоду від дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Щорічно у світі в ДТП гине майже півмільйона та отримує поранення п'ять мільйонів людей. Економічні втрати від ДТП становлять майже 3 % від валового світового продукту.

Статистичні дані в Україні також невтішні: кожні 15 хвилин відбувається ДТП, майже кожні 2 год. гине одна людина. За добу в середньому в аваріях гине 14 та отримують важкі травми майже 100 осіб. Порівняльний аналіз аварійності в Україні та інших державах свідчить, що, на жаль, поки не вдається вийти на рівень безпеки дорожнього руху, який відповідав би міжнародним стандартам.

Викликає занепокоєння стан транспортної безпеки на виробництвах України. За статистичними даними із загальної кількості випадків загального та смертельного травматизму на виробництві відповідно 7 % та 23% відбувається внаслідок ДТП. Виявлено багато фактів, коли роботодавці не забезпечили необхідного доведення транспортних засобів до параметрів безпеки дорожнього руху, піклуючись не за збереження життя людей, а за отримання прибутків.

Проведений за матеріалами спеціальних розслідувань аналіз виробничого травматизму показує, що основними причинами ДТП є: порушення правил дорожнього руху – 27 %, невиконання вимог інструкцій з охорони праці – 11,3 %, невиконання посадових обов'язків – 9,5 %, порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів – 7,2%, алкогольне, наркотичне сп'яніння, токсикологічне отруєння – 7 %.

За статистичними даними із загальної кількості випадків травмування внаслідок ДТП до пов'язаних з виробничим у середньому відноситься 3 %. На перший погляд така картина надто не насторожує. Але на нашу думку, однією з причин такої низької питомої ваги виробничих ДТП може бути той факт, що згідно із затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 30.06.05 № 538 Порядком обліку дорожньо-транспортних пригод під облік підприємств підпадають лише ті ДТП, що сталися за участю транспортних засобів, власниками яких вони є. А оскільки чимала кількість водіїв працює на підприємствах за цивільно-правовими договорами з використанням власних автомобілів, тобто без укладення трудових договорів, то і нещасні дорожні випадки з такими особами виробничими не вважаються, а обліковуються тільки на загальнодержавному балансі. Наприклад, понад половина всіх пригод сталися через порушення правил дорожнього руху водіями приватних автобусів, що належить фізичним особам.

До цього необхідно додати взаємозв'язок стану здоров'я практично всіх жителів планети (учасники дорожнього руху, пасажери, туристи, паломники та мігранти, жителі будинків і районів, які і примикають до зон відчуження транспортних підприємств, шляхів і магістральних трубопроводів) з роботою транспорту. Можна також відзначити інтенсивний вплив транспорту на довкілля, а також високий ризик надзвичайних ситуацій.

Рівень забруднення повітря, спричинений автомобільним транспортом з кожним роком зростає. За довгий час існування проблеми автомобільних викидів і забруднення ними атмосферного повітря було розроблено безліч методів і способів, що дозволяють зменшити кількості відпрацьованих газів або знизити їх токсичність. Існує декілька способів нейтралізації відпрацьованих газів у випускній системі автомобіля: окиснення відпрацьованих газів способом подачі до них додаткового повітря в термічні реактори; поглинання токсичних компонентів рідиною в рідинних нейтралізаторах; використання каталітичних нейтралізаторів і фільтрів сажі у дизельних двигунах. Негативний вплив автотранспорту на довкілля (рис.1.), вказує на те, що гідною альтернативою є громадський транспорт. Громадський транспорт є однією з найбільш ефективних форм пересування у великих містах, але лише при створенні відповідних умов його використання.



Рис.1. Джерела негативного впливу автомобіля на природне довкілля

Негативна дія автомобільного транспорту на довкілля в найбільшій мірі проявляється в такому:

- у містах – це забруднення повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів, транспортний шум, засолення міських ґрунтових масивів та забруднення міських водоймищ і підґрунтових вод;
- на замських територіях – це порушення екологічної рівноваги під час будівництва й експлуатації шляхів, потреба в додаткових площах під будівництво автошляхів та інших споруд.

Отже, потрібно розвивати і удосконалювати законодавчу базу в області екології транспорту. Для ефективної дії всього комплексу заходів необхідно організувати правову сторону питання таким чином, щоб будь-якому суб'єкту автотранспортного ринку було невигідно, насамперед з економічної точки зору, займатися перевізною чи сервісною діяльністю, що не задовольняє прийнятим в Україні екологічним нормам. Базові закони повинні враховувати існуючі економічні відносини в суспільстві, передбачати, принаймні, найближчу їхню еволюцію і поширюватися на: імпортерів і вітчизняних виробників автотранспортної техніки; перевізників усіх форм власності й організації їх праці; суб'єктів усіх форм власності, які здійснюють будь-які види автосервісних послуг; експедиторів; суб'єктів усіх форм власності, які займаються нафтопереробкою і поширенням нафтопродуктів; органи державного і відомчого контролю.

### **Література**

1. Солуха Б.В. *Оцінка впливу шкідливих викидів автотранспорту на атмосферне повітря в зоні житлової забудови (ОВНС згідно ДБН А.2.2- 1.95)* – К.: КНУБА, 2000. – С. 6-7.
2. *Всесвітня організація охорони здоров'я. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2006.*
3. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. *Міська екологія. Навчальний посібник.* – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.
4. Гнедіна К.В. *Управління якістю послуг міського електричного транспорту/К.В. Гнедіна // Вісник Чернігівського державного технологічного університету.* – № 31. – 2007. – С.197-204.

УДК 656.1

**ПРО НОВИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ЗСУВУ ПОЧАТКУ ЦИКЛІВ  
РОБОТИ СВІТЛОФОРІВ У ПЛАНАХ КООРДИНАЦІЇ**

**A NEW APPROACH TO CALCULATING THE SHIFT PARAMETER  
FOR TRAFFIC LIGHT CYCLES IN COORDINATION PLANS**

**Іван Литвиненко, Петро Горбачов, Валерія Марченко**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002*

*This paper describes the problem of calculating the shift parameters in the traffic lights coordinated control. The necessity to create a method for determining the movement model parameters of the car starting from rest is substantiated. A new way was proposed for estimating car acceleration parameters.*

При значному загальному обсязі опублікованих на сьогодні матеріалів, що належать до сфери координації роботи світлофорів, дослідження закономірностей руху автомобілів при старті з місця, потрібні для правильного формування планів координації, відображенні лише в одиничних працях. При цьому, як у методичних матеріалах, так і в наукових статтях відсутня формула, за якою можна розрахувати раціональний зсув початку циклу, при відомій довжині ділянки перегону, що координується. Згадування цього питання в роботах майже завжди закінчується вербальним описом поглядів авторів на те, що треба пам'ятати при розрахунку зсуву в плані координації. При цьому достатньо очевидна умова такого розрахунку, а саме – старт автомобілів на координованому перехресті з місця, автори зазвичай не згадують. Реальною причиною такого неуважного ставлення до цього визначального елемента процесу складання планів координації є не дуже глибоке занурення розробників у деталі координованого руху автомобілів. Звідси походить і низький рівень вимог до параметрів планів, у яких точність визначення раціональних значень зсуву початку циклів не виглядає актуальною. У реальному транспортному процесі неточність розрахунків компенсується існуючими природними коливаннями швидкості руху координованої пачки автомобілів.

Останнє твердження базується на тому безсумнівному факті, що кожен водій самостійно обирає зручні швидкість руху та дистанцію безпеки. Тому за будь-яким планом координації в потоці знайдуться водії, які більше за інших варіюють швидкістю автомобіля при русі по ділянці, що координується. Такі індивідуальні коливання швидкості можуть бути досить високими і на їх тлі приховуються коливання швидкості руху пачки, які обумовлені власне параметрами плану координації. Тому вимога до постійної швидкості руху пачки в діючих планах координації, взагалі ніколи не виконується, а точність розрахунку часу зсуву початку циклів не вважається чимось важливим на сучасному рівні розвитку методів координації роботи світлофорів.

Однак новий метод магістральної координації [1], який продемонстрував свою високу ефективність на практиці [2], висуває вищі вимоги до розрахунку часу зсуву початку циклів у плані. В ньому враховується той факт, що в звичайних умовах функціонування «зеленої хвилі», перед стоп-лінією чергового перехрестя, що координується, практично завжди збирається черга з декількох автомобілів. Основними з них є автомобілі з другорядних підходів до магістралі, що координуються. Важливим тут є розуміння того, що ці автомобілі

доповнюють скоординовану пачку спереду і час зсуву повинен розраховуватися на основі параметрів їхнього руху.

В цьому випадку формуються однозначні умови для розрахунку зсуву початку циклів, які повинні враховувати розгін автомобіля до заданої швидкості. Тобто у розрахунку зсуву необхідно врахувати не тільки швидкість руху пачки, а й прискорення першого автомобіля в ній. Для створення повноцінного плану координації необхідно вивести рівняння, за яким розраховуватиметься тривалість проїзду перегону автомобілем, що стартує на початку перегону.

Однак, для широкого використання в планах координації отримання лише рівняння часу зсуву недостатньо, внаслідок особливостей місцевого темпераменту учасників руху; різного складу транспортного потоку; різних умов руху на конкретних ділянках вулично-дорожньої мережі та інших індивідуальних характеристик об'єкту координації. Широкий розкид можливих характеристик розгону добре ілюструється в роботі [3] і наголошує на доцільності створення індивідуальних моделей руху автомобілів у конкретних випадках. Тому, крім власне рівняння часу зсуву, потрібен метод визначення параметрів моделі руху автомобілів з місця по координованій ділянці, який дозволить налаштувати модель на конкретну ділянку.

Така потреба виникає через відсутність на сьогоднішній день методів, які дозволяють статистично оцінювати параметри моделей прискореного руху автомобілів на основі лише двох відомих параметрів: тривалості руху та пройденої відстані. Всі існуючі результати оцінки рівняння руху з місця відносяться до робіт, в яких, крім часу та відстані, фіксувалася ще й швидкість руху автомобіля в процесі розгону на заданих зрізах дороги [3], а такі обстеження вимагають використання кількох радарів швидкості. Саме ця технічна складність проведення обстежень є основною причиною обмеженої кількості робіт з динаміки розгону автомобілів у транспортному потоці. При такому повному обстеженні, знання швидкості руху автомобілів в процесі розгону дозволяє розрахувати середні значення прискорення між контрольними точками, а потім використовувати стандартні методи математичної статистики для визначення залежності прискорення від швидкості руху автомобіля. Таке поєднання залежної та незалежної ознак у моделі розгону є логічним, загальноприйнятим і багато разів підтверджено результатами попередніх досліджень, у яких прискорення знижувалося зі збільшенням швидкості.

Оцінці параметрів моделі за допомогою методу найменших квадратів у математичній статистиці завжди передуює вибір виду моделі. У транспортному середовищі сьогодні набула поширення модель лінійно спадаючого прискорення, параметри якої визначені для багатьох видів транспортних засобів і кількох типів водіння в різних місцях [3]. Але при створенні плану координації можуть знадобитися додаткові дослідження та визначення конкретних значень коефіцієнтів моделі. Однак вона може виявитися далеко не найкращим варіантом опису залежності між прискоренням та швидкістю для нових експериментальних даних. При цьому створювати щоразу нову модель розгону автомобіля описаним вище методом, з фіксацією швидкості, дуже проблематично.

Скоротити вимоги до обстеження у разі розгону може допомогти наявність відомих з кінематики функціональних зв'язків між часом руху, прискоренням, швидкістю та пройденою відстанню. Вони дозволяють перейти до іншої послідовності дій щодо вибору виду та оцінки параметрів моделі, яка зв'яже між собою прискорення та швидкість руху автомобіля. З цією метою спочатку потрібно задати загальний вигляд зв'язку між прискоренням та швидкістю, потім на його основі знайти аналітичні рівняння часу, відстані та швидкості руху автомобіля через їх функціональні залежності. Після цього за допомогою отриманої аналітичної залежності між часом і пройденою відстанню, що містить невідомі

---

параметри, можна знайти значення коефіцієнтів, які найкраще описують результати спостережень і забезпечують отримання конкретного виду функції, що описує залежність прискорення від швидкості досліджуваного транспортного потоку. Таким чином, для визначення коефіцієнтів моделі можна буде обійтися без знання швидкості, фіксуючи лише час руху та пройденої відстань, а пошук конкретних значень коефіцієнтів, які щонайкраще описують експериментальні дані про тривалість долаття автомобілем ділянки певної довжини, доцільно виконати методом мінімізації суми квадратів різниці між розрахунковими й фактичними значеннями тривалості руху.

Відповідна модель повинна якнайкраще описувати час прибуття першого автомобіля у черзі на наступне перехрестя. Відповідно і мінімальний набір експериментальних даних може складатися всього з двох моментів: старту від стоп-лінії перехрестя на початку перегону та досягнення автомобіля стоп-лінії перехрестя в його кінці. Тому необхідно, щоб метод оцінки коефіцієнтів функції розгону працював виходячи з лише тривалості подолання всього перегону. При цьому, відсутність у наборі даних швидкості руху, створює певні складнощі у пошуку коефіцієнтів функції прискорення за описаним методом. Незнання швидкості позбавляє дослідника можливості точно визначити момент закінчення розгону та переходу до поступального руху на обраній водієм швидкості. А ці відрізки шляху описуються різними залежностями та застосовувати їх до всього шляху, пройденого автомобілем за певний час з урахуванням прискореного руху, неправильно. Її можна використовувати лише на ділянці розгону, який складно виділити в експериментальних даних через відсутність у них швидкості руху.

Як би парадоксально це не звучало, допомогти у подоланні цієї проблеми може випадковий характер швидкості руху, яка індивідуально обирається кожним водієм. Ця випадковість не лише ускладнює процес визначення тривалості розгону в описаному випадку, але також потребує усереднення, як і прискорення розгону. Тому оцінка середньої швидкості руху може стати частиною процесу налаштування моделі на експериментальні дані. Для цього потрібно записати залежність тривалості подолання ділянки від її довжини, з урахуванням двох складових: розгону та рівномірного руху, межа між якими визначається через невідому швидкість, та знайти значення коефіцієнтів моделі розгону разом із середньою швидкістю руху автомобілів за допомогою методу найменших квадратів.

Сформульовані тут положення нового методу оцінки параметрів розгону автомобілів мають статус гіпотези та вимагають ретельної перевірки, пов'язаної з виводом відповідних аналітичних залежностей, аналізом можливостей отримання за їх допомогою коефіцієнтів моделі розгону, методом найменших квадратів і практичного застосування на конкретних масивах фактичних даних про розгін автомобілів з місця у вільних умовах. Але вже на етапі постановки завдання стає цілком очевидним, що шукані аналітичні залежності, навряд чи матимуть простий вигляд. Це викликано тим, що залежність прискорення швидкості є диференціальним рівнянням, оскільки прискорення є похідна швидкості за часом.

Тому, для визначення коефіцієнтів моделі розгону та середньої швидкості руху, гіпотетично потрібно використовувати математичні алгоритми пошуку екстремальних значень функції, що може викликати додаткові питання, обумовлені можливою наявністю у суми квадратів різниць розрахункових і фактичних значень часу не одного, а кількох екстремумів. Це питання, викликане складністю зв'язків між параметрами руху, має вирішуватися на етапі експериментальних досліджень. А в теоретичних дослідженнях необхідно попередньо визначити потенційні можливості виявлення потрібних значень для кожної моделі прискорення.

З метою розширення можливостей розробників планів координації при описах фактичних закономірностей руху автомобілів, у дослідженні необхідно розробити моделі прискорення, альтернативні лінійній залежності, для кожної з яких потрібно побудувати свій математичний апарат оцінки параметрів моделі. Це досить об'ємне завдання, вирішення якого дозволить отримувати точні оцінки часу зсуву початку циклів у планах координації на підставі простих спостережень за транспортним потоком між регульованими перехрестями.

### **Література**

1. Горбачов П.Ф., Шевченко В.В., Свічинський С.В. Визначення граничного рівня завантаження другорядних підходів до міської магістралі з координуваним керуванням. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2020. № 90. С. 144–154. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.144>
2. Шевченко В.В. Оцінка ефективності плану координації світлофорів на проспекті науки в місті Харків. *Комунальне господарство міст*, 2022, том 6, випуск 173, С. 206–215. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-206-215>
3. Long, G., 2000. *Acceleration Characteristics of Starting Vehicles*. *Transportation Research Record* 1737(1), 58-70. DOI: <https://doi.org/10.3141/1737-08>

---

## СЕКЦІЯ 2. ТРАНСПОРТНА ЛОГІСТИКА ТА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ВОДІЯ

УДК 656.02

### СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF MULTIMODAL ROUTES FOR CARGO DELIVERY

Мирослав Оліскевич<sup>1</sup>, Віктор Данчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Львівський Національний університет природокористування  
вул. В.Великого, 1, м. Дубляни, Львівська обл., 30831

<sup>2</sup> Національний транспортний університет,  
вул. Омеляновича-Павленка, 1, м.Київ, 02000

*This article is devoted to the coordination of single stages of the multimodal delivery process, taking into account the fact that the process is discrete in its content. The tact, which has the content of a time window for performing the operation is used for discrete processes. Two time criterias are applied in the article, which take into account the fact that the multimodal process must be synchronized and that the transportation of a large group of goods can be carried out.*

Успішна взаємодія різних видів транспорту в логістичному ланцюгу може бути забезпечена тоді, коли узгоджено організаційні та технологічні параметри окремих ланок сукупного транспортного процесу. Наші дослідження присвячені координації окремих стадій процесу мультимодальної доставки з врахуванням того, що, власне, процес є дискретним за своїм змістом. Це означає, що якісні зміни у вантажопотоках відбуваються у фіксовані моменти часу, а сам потік має властивості прискорюватись/сповільнюватись, розділятися чи об'єднуватись. Власне, дві перші властивості реалізуються в прямоточних транспортно-технологічних схемах завдяки гуртовому переміщенню вантажів. Якщо дискретний матеріальний потік має середню інтенсивність  $\mu$  переміщення між заданими пунктами маршруту  $q_1$  та  $q_2$ , і переміщення здійснюють гуртом по  $k_1$  одиниць вантажу, то, виходячи з принципу безперервності потоку, ця інтенсивність збережеться навіть тоді, коли після пункту  $q_2$  потік змінить властивості й буде надалі переміщатись з розміром гурту  $k_2$ . Однак, при цьому швидкість переміщення потоку зміниться обернено пропорційно до змін розміру його гурту. Їх можна простежити, якщо розбити потік на окремі переділи – елементарні логістичні операції (ЕЛО), тривалість яких називають тактом. Такт – це період часу між черговими якісними змінами одного і того ж матеріального потоку (вантажопотоку, автомобілепотоку). На числове значення такту будь-якої ЕЛО накладаються формальні обмеження:

$$\tau_{\min} \leq \tau \leq \tau_{\max}, \quad (1)$$

$$\tau_{\min i} = \max \left( \frac{t_i}{f_i} \right), \quad (2)$$



де  $t_i$  – тривалість  $i$ -ї ЕЛО,  $f_i$  – фронт транспортних засобів, які одночасно перевозять вантажі при виконанні  $i$ -ї ЕЛО. Величину фронту ЕЛО було вибрано так і у зв'язку з тим, що для  $i$ -ї ЕЛО її тривалість може перевищувати такт, який визначається за (1).

Кількість альтернативних варіантів мультимодальної транспортно-технологічної схеми залежить від можливості застосування різних видів транспорту, конфігурації мультимодальної транспортної мережі (наявності та розташування транспортних вузлів та терміналів і шляхів сполучення між ними), пропускної спроможності окремих ділянок мережі. Середня кількість проміжних вузлів, де відбувається перевантаження, і через які можна побудувати бажаний маршрут не перевищує п'яти-шести. Незважаючи на довжину кожного знайденого ланцюга (кількість вершин, сумарної тривалості потоку), їх усіх потрібно оцінити за параметрами дискретних потоків, враховуючи координату його ланок. Для цього було розроблено методику і відповідний комп'ютерний алгоритм. При цьому використано такі показники мультимодального маршруту: сумарна тривалість руху транспортних засобів з вантажами; максимально можлива тривалість проєкту; витрати на одиницю переміщеного товару. Витрати коштів залежать від виду транспорту, що застосовується. Розроблену методику аналізу та оптимізації було застосовано для транснаціонального мультимодального маршруту, стосовно якого ведуться проєктні розробки (рис. 1).

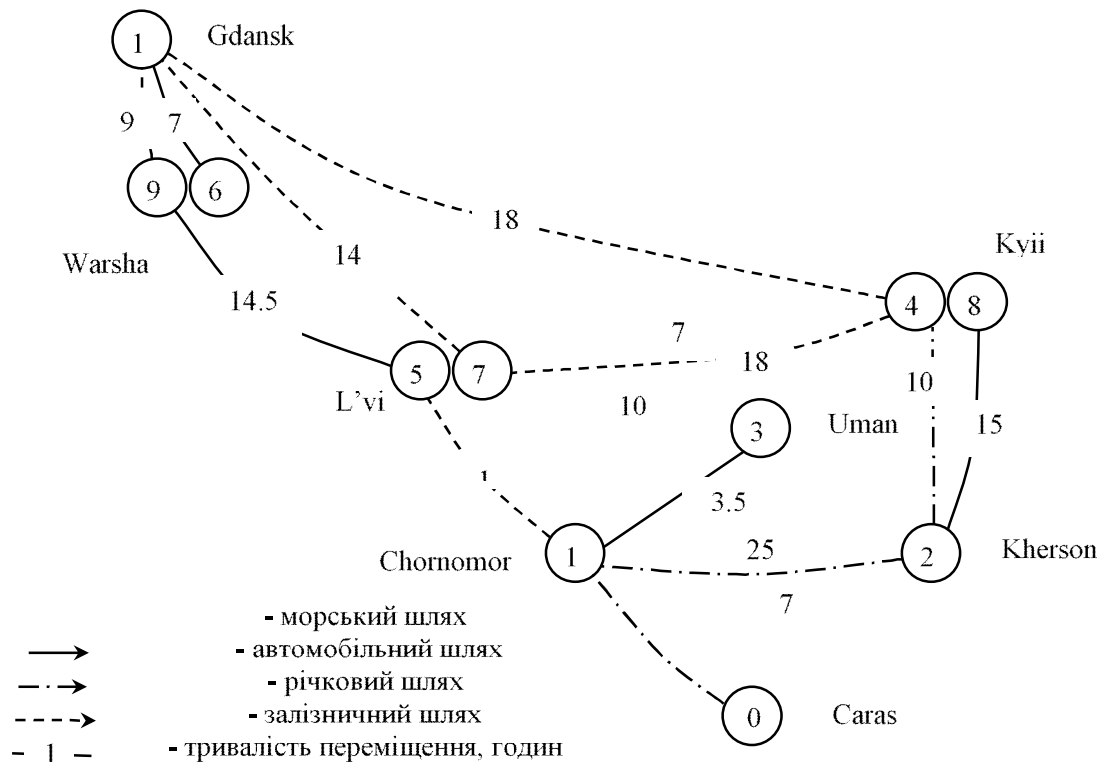


Рис. 1. Схема можливих шляхів доставки вантажів по транспортному коридору між морськими терміналами: Карас (Туреччина) – Чорноморськ (Україна) – Гданськ (Польща)

Розглянемо задачу обґрунтування структури маршруту з урахуванням можливості поділу гуртів доставки вантажів, без втрати загальності проблеми. Початкову умову відображено у вигляді орієнтованого графа, вершинами якого є можливі моменти прибуття відповідного виду транспорту у вузловий пункт транспортної мережі. При застосуванні алгоритму до даної мультимодальної схеми перевезень за маршрутом Чорноморськ-Гданськ було задано діапазон зміни сумарного вантажопотоку в межах 100-5000 транспортних пакетів за одну роботу робочого часу терміналів. Якщо взяти до уваги середню масу і розміри

одного стандартного транспортного пакета, то в еквіваленті це виходить 0,036 .. 1,15 млн. TEU на рік. Число 1,15 млн. TEU відповідає максимальній пропускній спроможності морського порту Чорноморськ станом на 2016 рік. Мультимодальна схема призначена для транспортування вантажів, які відправляються великим гуртом, таким, що одноразове відправлення від початкового материкового пункту маршруту є значно менше, ніж розмір усього гурту замовлення, тобто  $k_{i,j} < K_{\Sigma}$ . Завдання полягає у тому, щоб вибрати оптимальні за питомими витратами на переміщення одного пакета маршрути мультимодального переміщення вантажів при заданому загальному обсягу перевезень  $K_{\Sigma}$ . Якщо порівняти отримані маршрути за максимальною тривалістю доставки усього обсягу (рис.2), то пріоритети вибору маршрутів тут принципово відрізняються. Очевидну перевагу на усьому допустимому діапазоні  $K_{\Sigma}$  мають автомобільні маршрути. Однак, їх діапазон ефективності є досить коротким. В зоні високої чутливості переважними є автомобільно-залізничні та залізничні маршрути. Водні та водно-залізничні маршрути мають перевагу у зоні стабільності, у той час як тривалість доставки залізнично-автомобільним транспортом стрімко зростає.

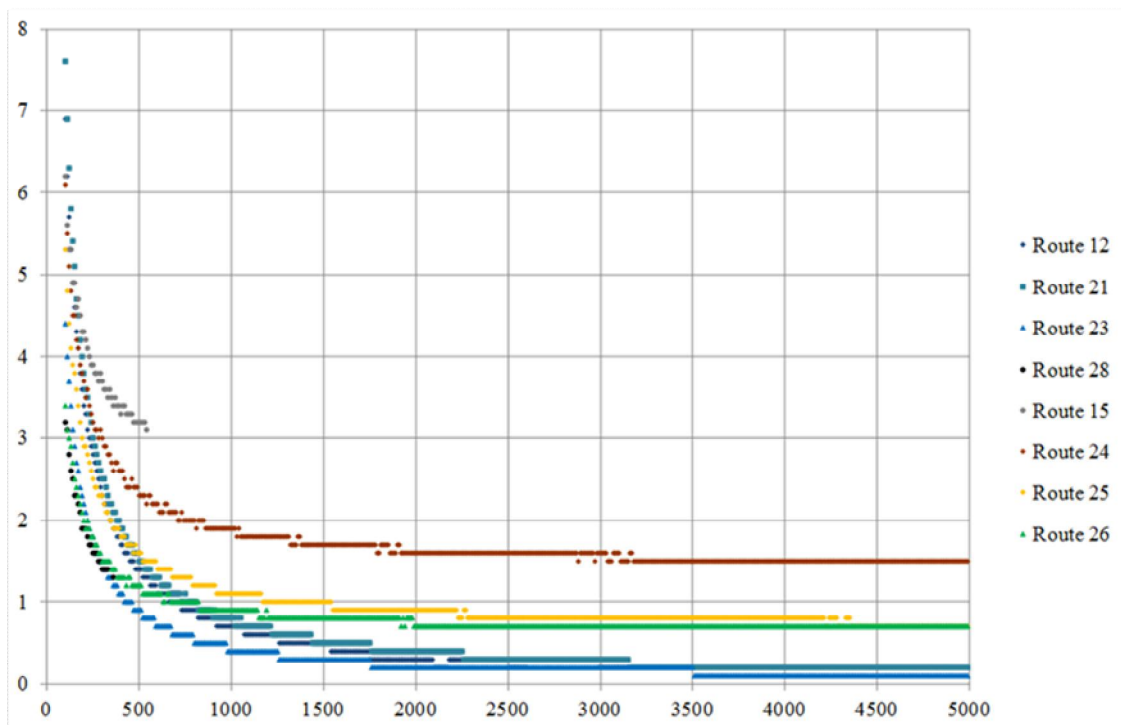


Рис. 2. Залежність сумарних питомих витрат на переміщення одиниці вантажу різними мультимодальними маршрутами від загального обсягу вантажопотоку на маршруті Чорноморськ (Україна) – Гданськ (Польща)

Подібно можна охарактеризувати отримані маршрути за показником сумарного часу транспортування. Однак, суто водні маршрути мають тотальну перевагу за цим показником на усьому діапазоні можливих обсягів перевезень. Це пояснюється великими обсягами завантаження барж, поромів, кораблів. Великі часові вікна водного транспорту при цьому нівелюються консолідованими вантажами. Суто автомобільні маршрути не мають переваги перед комбінованими, тому що для уникнення простою транспорту вантажівки часто недовантажуються до номіналу. Зростання обсягів перевезення на комбінованих залізнично-автомобільних, або на залізничних маршрутах потребує застосування повагонних відправлень, внаслідок чого тривалість транспортування усього обсягу вантажів зростає.

Усі комбінації маршрутів при доставці вантажів у міжконтинентальному масштабі становлять скінченне число, у зв'язку з чим їх вибір можна здійснити повним перебором. Створена рекурсивна методика з вкладеними циклами виконує синтез і порівняння маршрутів за прийнятний час. Для вибору оптимального мультимодального маршруту пропонується використати вираз для обчислення питомих витрат коштів на транспортування одиниці вантажу. Подальші дослідження будуть виконуватись для забезпечення доцільності синхромодальних перевезень.

### Література

1. Akyüz, M. H., Dekker, R., & Azadeh, S. S. (2023). *Partial and complete replanning of an intermodal logistic system under disruptions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 169, 102968. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102968>
2. Castelli, L., Pesenti, R., & Ukovich, W. (2004). *Scheduling multimodal transportation systems. European Journal of Operational Research*, 155(3), 603-615. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.02.002>

УДК 656.13

## МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ТЯЖІННЯ ПРИ ФОРМУВАННІ МАТРИЦІ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ТРАНСПОРТУ

### SIMULATION OF THE GRAVITY FUNCTION IN THE FORMATION OF THE TRANSPORT CORRESPONDENCE MATRIX

**Юрій Давідч, Андрій Галкін, Наталія Давідч**

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002*

*The article examines the attraction function of city dwellers. Reasoned expediency of formalizing the attraction function separately for each population group of cities. Groups of factors that must be taken into account when determining the attraction function of city residents are defined.*

Прогнозування є одним з основних етапів вирішення завдань планування, розвитку та роботи транспортної системи [1]. Ефективний розвиток сучасного суспільства нерозривно пов'язаний з розвитком комп'ютерної техніки та інформаційних технологій. Вони сьогодні є головним інструментом, за допомогою якого здійснюється модернізація в транспортній сфері. Науковці визначили, що попит на переміщення мешканців міста важко передбачити. Внаслідок цього, планування, а саме прогнозування параметрів пересування, є одним з найважливіших та найскладніших завдань на транспорті. На будь-якому етапі проектування транспортних систем початковими є дані щодо попиту на пересування, який формалізується матрицею кореспонденцій. При обчисленні кореспонденцій транспорту та пасажирів дослідники пропонували використання трьох груп моделей: детермінованих, імовірнісних й евристичних. Можливо також їх різне сполучення. Найбільш широке розповсюдження отримала одна з різновидів детермінованих моделей – гравітаційна. Вона формалізує кількість пересувань між транспортними районами з використанням даних щодо їх ємності по

відправленню і прибуттю. При цьому, імовірність пересування населення між районами міста описується функцією тяжіння.

Мешканці міст залежно від приналежності до відповідної групи населення мають різноманітні пріоритети вибору місць тяжіння [2]. Пересування мешканців міст здійснюються з різною метою. Кількість цих пересувань залежить від приналежності до конкретної групи населення, параметрів населеного пункту, індивідуальних особливостей мешканців та інших чинників. За даними дослідників до основних груп населення міст належать: працівники містоутворюючих підприємств; працівники обслуговуючих підприємств; студенти закладів вищої освіти та коледжів; несамодіяльне населення. Раніше проведені дослідження дозволили формалізувати функцію тяжіння для працівників містоутворюючих підприємств. Для інших груп міського населення функція тяжіння формалізована ще не була. Крім того, великий вплив на параметри пересування мають індивідуальні якості мешканців міст. Ці якості теж доцільно враховувати при розробці інформаційної технології моделювання параметрів потоків транспорту для управління транспортними системами міст.

### Література

1. Davidich, N., Galkin, A., Schlosser, T., Capayova, S., Nowakowska-Grunt, J., Thompson, R., Davidich, Y. *Intelligent Decision Support System for Modeling Transport and Passenger Flows in Human-Centric Urban Transport Systems. Energies*. 2022. Vol. 15 № 7, 2495. Vol. 15 № 7, 2495.
2. Доля В. К. *Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків: Форт, 2011. – 504 с.*

УДК 656.13

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СЕРЕДНЬОЇ ТРИВАЛОСТІ ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРІВ НА ЗУПИНЦІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

### COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE PASSENGERS AVERAGE WAITING TIME AT PUBLIC TRANSPORT STOP

**Володимир Ковалишин, Владислав Зелемський**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The results of research on the passengers waiting time of public transport at bus stops are presented. A comparison of the dependence of the bus waiting time on the population group was obtained.*

Транспортне обслуговування населення відіграє важливу роль у системі господарського комплексу міста. Пасажирський транспорт, задовольняючи потребу населення у переміщеннях, створює передумови для нормального функціонування економіки регіону, послуговує збільшенню вільного часу у населення міст.

При визначенні якості транспортних послуг не можна обійтися без такого важливого критерію, як тривалість пересування, важливою складовою якого є час очікування транспорту на зупинці. При якісно організованій та налагодженій роботі час прибуття маршрутних транспортних засобів наперед відомі пасажиром через їхній розклад, тому їхній

час очікування частково формується під впливом цього чинника. Так як така ситуація не спостерігається на ринку міських пасажирських перевезень в Україні, час очікування пасажирів сильно варіюється від інтервалу та середньої швидкості руху, та кількості транспортних засобів на маршруті.

Дослідженням середнього часу очікування було присвячено безліч робіт, як серед українських, так і закордонних авторів.

Так зокрема в роботі [1-2], час очікування безпосередньо пов'язаний із інтервалом руху і рівний приблизно його половині. Але дана залежність, дещо змінюється при віддаленні від центральної частини міста, оскільки інтервали руху та доступність зупинок теж збільшується. В роботі [3-4] визначення часу очікування відбувається через імітаційне моделювання. При цьому враховується розклад руху і таким чином прибуття ТЗ на зупинку розраховується через випадкове відхилення його значення від розкладу.

Дані результати аналізу уже проведених досліджень свідчать про те, що до них в меншій мірі застосовувався практичний аспект і в реальному житті результат такого дослідження може показати не зовсім достовірні дані. Це зумовлено трудомісткістю проведення натурних досліджень.

Тому за мету поставлено провести порівняльну оцінку середнього часу очікування пасажирів різних категорій маршрутного транспорту на зупинці за результатами натурних досліджень. Для її досягнення заплановано вирішення наступних задач: оцінка часу середнього часу очікування на основі аналізу даних натурних досліджень та формування залежності між цим часом для різних груп населення.

Дослідження проводилося в робочий день тижня на зупинці громадського транспорту, що розташована в центральній частині міста Львова. Протягом однієї години було здійснено відеозапис зупинки громадського транспорту на відеокамеру із ширококутною оптикою.

Отриманий запис було опрацьовано за допомогою редакторів відео, та було виділено три основні групи пасажирів на зупинці: працюючі, студенти (учні) та пенсіонери. Поділ на категорії проводився візуально.

Визначено час очікування громадського транспорту для кожного представника відповідної категорії. Відбувалося це через фіксацію часу приходу пасажирів на зупинку та часу його посадки у маршрутний транспортний засіб.

Отриманий масив даних було впорядковано для кожної з категорій та опрацьовано і проаналізовано в програмному середовищі «Statistica».

Було визначено середній час очікування та середньоквадратичне відхилення часу очікування для кожної із встановленої групи. Результати досліджень подано на рис. 1-3.

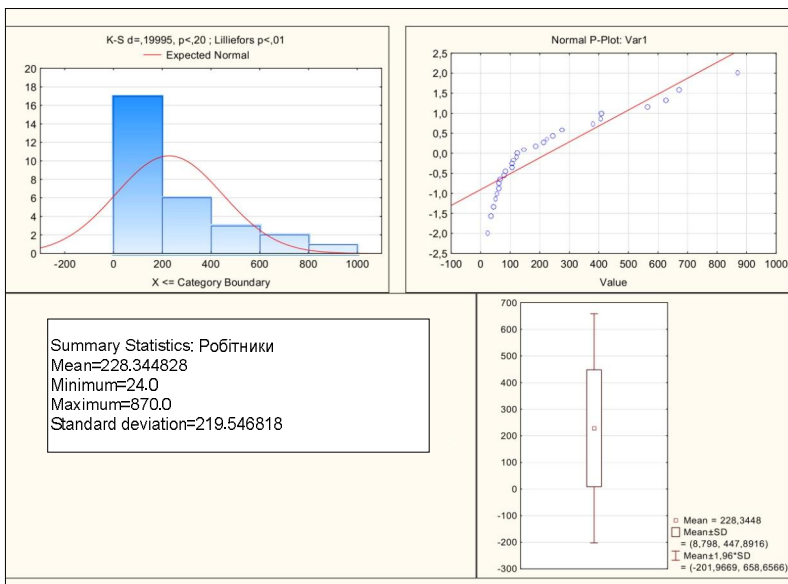


Рис. 1. Дані часу очікування для групи «робітники»

Результати аналізу даних у програмному середовищі «Statistica» надав можливість визначити середній час очікування для пасажирів. Так для групи «робітники» середній час становить 228сек, для групи «студенти та учні» 236сек, та для групи «пенсіонери» 171сек. Існуючі розбіжності спричинені тим, що група «пенсіонери» здійснюють свій вибір при посадці у транспортний засіб в більшості випадковим чином, адже їм необхідно здійснити переважно коротку поїздку, тому вибір конкретного маршрутного ТЗ для них не набуває такого важливого значення. Натомість група «робітники», «студенти та учні» цілеспрямовано обирають маршрутний ТЗ, адже для добирання до місць праці та навчання їм доводиться долати більші відстані, через це вибір безпересадочної поїздки в ТЗ по маршруту, який доведе їх з пункту А в пункт Б, для них є важливішим ніж для групи «пенсіонери».

Результати проведених натурних досліджень підтвердили відмінності у середньому часі очікування маршрутного транспортного засобу між різними групами населення. Попри це для уточнення цих даних та більш детального аналізу необхідно провести дослідження на різних типах зупинок та у різних частинах міст.

## Література

1. Cats, O., 2014. *Regularity-driven bus operation: Principles, implementation and business models*. In: *Transport Policy* 36, pp. 223-230.
2. Comi, A., Nuzzolo, A., Brinchi, S., Verghini, R., 2017a. *Bus travel time variability: some experimental evidences*. *Transportation Research Procedia* 27, pp. 101-108.
3. Fusco, G., Colombaroni, C. and Isaenko, N., 2016. *Short-term speed predictions exploiting big data on large urban road networks*. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 73, pp.183-201.
4. Moreira-Matias, L., Mendes-Moreira, J., de Sousa, J. F., Gama, J., 2015. *Improving Mass Transit Operations by Using AVL-Based Systems: A Survey*. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*, DOI 10.1109/TITS.2014.2376772.

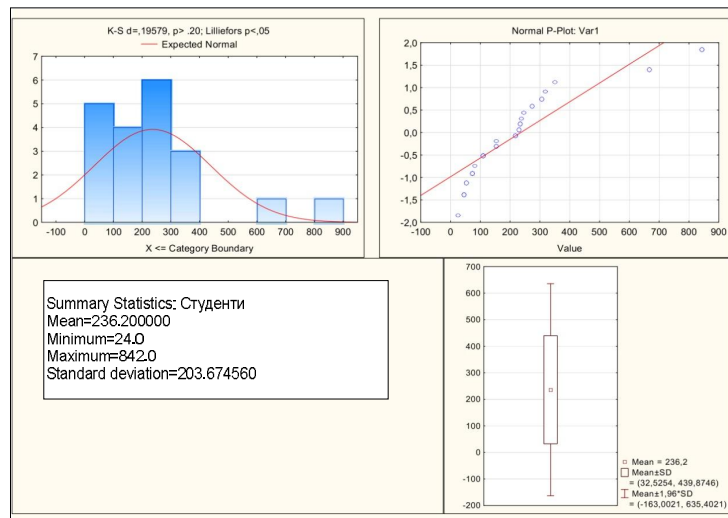


Рис. 2. Дані часу очікування для групи «студенти та учні»

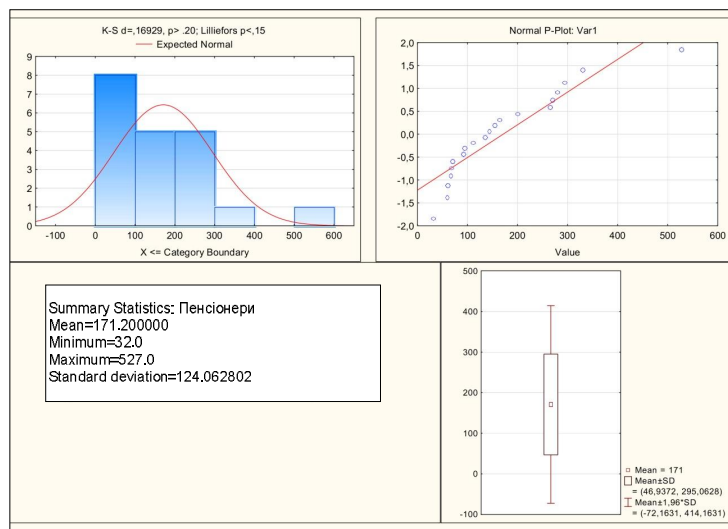


Рис. 3. Дані часу очікування для групи «пенсіонери»

УДК 656.072

## ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ТА БАЗОВОГО МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕРВАЛЬНОЇ КОНЦЕПЦІЇ

### THE NEW AND BASIC METHODS CHARACTERISTICS OF IMPLEMENTING THE INTERVAL CONCEPT

**Владислав Івахнік**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002*

*The paper reviews the results of implementing the interval concept using new and basic methods. The values of the correspondences obtained using the basic and the new method of generating OD-matrix were analyzed and compared, according to their random value (RR), and an assessment was made between the results of the generated matrices.*

Створення нового методу генерації матриці транспортних кореспонденцій (МТК), який дозволяє гарантовано отримувати задану кількість випадкових матриць, достатню для реалізації інтервальної концепції (ІК) моделювання попиту, викликає питання про відповідність між результатами випадкової генерації МТК у чистому вигляді, без обмежень, та аналогічними результатами, отриманими за допомогою нового методу. В обох випадках базою для імітації матриць виступає метод подвійної генерації, де на першому кроці випадковим чином визначається поточний номер клітинки МТК, на другому – ця клітинка заповнюється кореспонденцією, шляхом доповнення її поточного значення новою випадковою величиною.

У праці [1], описано особливості генерації матриці транспортних кореспонденцій новим методом реалізації інтервальної концепції. Сутність цього методу полягає у його двоетапному використанні. Перший етап полягає у використанні переваг базового методу, де генерація відбувається шляхом отримання випадкового номеру матриці, та заповнення його максимальним середнім значенням по відправленню та прибуттю. На цьому етапі генерації не враховуються обмеження, які можуть бути введені до матриці. Генерація матриць транспортних кореспонденцій відбувається у чистому вигляді. Другий етап нового методу реалізації ІК, полягає саме у тому, щоб врахувати введені до матриці обмеження. При цьому процедуру виконання додаткових обмежень, відокремлюють від процедури імітації значень кореспонденції та забезпечують дотримання обмежень, коли вся МТК є заповненою. Саме після цього, з матриці видаляються заборонені для заповнення кореспонденції, у випадковій МТК залишаються лише ті кореспонденції, які не підпадають під обмеження. Але ж місткості ТР після цієї операції залишаються не до кінця вичерпаними, оскільки частина кореспонденцій була видалена з матриці, а деякі з них у загальному випадку мали не нульові значення. З цих, не нульових значень видалених кореспонденцій формуються нові місткості ТР, як залишок від попередніх місткостей та місткостей МТК. Кінцевим результатом генерації матриць новим методом є підсумкова випадкова МТК, яка формується за рахунок послідовної генерації матриці на кожному k-тому кроці, поки не буде вичерпано всі початкові місткості кожного з ТР.

Описані методи, базовий та новий, в підсумку формують випадкові матриці, кожна клітинка в яких містить випадкову величину (ВВ). Отримані кореспонденції у цьому разі

являються різними ВВ, оскільки методи генерації помітно відрізняються один від одного. Саме тому властивості цих величин мають бути різними, незважаючи на однакові початкові дані для генерації МТК. Щоб зрозуміти наскільки різниця нового методу від базового є істотною за результатами, необхідно оцінити цю різницю між кореспонденціями. Оскільки базовий метод забезпечує максимальний рівень випадковості при імітації матриць, відмінності нового методу у значній мірі будуть відображати деякі втрати випадковості в результатах генерації МТК. Та, незважаючи на практичну неможливість кількісної оцінки цих втрат, сама по собі різниця у значеннях кореспонденцій є важливою для розуміння не лише змісту отриманих результатів моделювання попиту в рамках інтервальної концепції, а надійності результатів транспортного планування на основі нової моделі попиту взагалі.

Основною характеристикою ВВ є її закон розподілу (ЗР). Він відображає взаємозв'язок між значеннями цієї величини та імовірністю їх виникнення у деякій формі, – це може бути таблична або аналітична. Саме тому, порівнювати значення кореспонденцій, отриманих за допомогою генерації МТК базовим та новим методом, потрібно за їх ЗР. Задля цього, необхідно отримати уявлення про ЗР кореспонденцій у підсумкових випадкових матрицях та його залежність від початкових даних, тобто місткостей транспортних районів за відправленням та прибуттям. Місткості, так само, є випадковими, та мають свій ЗР, які можливо оцінити лише емпіричним шляхом внаслідок відсутності теоретичних передумов їх формування на сучасному рівні розвитку методів транспортного моделювання.

### **Література**

1. Івахнік В. С. «Новий метод реалізації інтервальної концепції моделювання транспортного попиту», Вісник ВПІ, вип. 6, с. 57–64.
2. Горбачов П.Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах: дис. докто-ра техн. наук : 05.22.01 / Петро Федорович Горбачов. – Х., 2009. – 370 с.

**УДК 656.029**

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБСЯГУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ**

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE VOLUME  
OF CARGO TRANSPORTATION ON THE EFFICIENCY OF THE TRANSPORT PROCESS

**Вікторія Дорошук, Іванна Бережняк, Анатолій Коваль**

*Національний університет водного господарства та природокористування  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000*

*The article examines the influence of the volume of cargo transportation on the efficiency of the transport process.*

При дослідженні будь-яких процесів важливе місце займає критерій ефективності. В загальному випадку критерій ефективності оцінюють як різницю між результатом діяльності об'єкта дослідження та витрат, які були необхідні для його досягнення. Результатом діяльності автотранспортних підприємств, що функціонують на ринку разових замовлень, є



дохід від перевезень за оборотний рейс, а витрати на цю діяльність можуть бути описані двома видами ресурсів: фінансовими та часовими.

Своєчасний аналіз техніко-експлуатаційних показників дозволяє розробляти заходи з керування транспортним процесом з метою підвищення його ефективності [2].

Підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту можливо виконавши такі завдання [1]: зниження простоїв автомобілів під вантажними і технологічними операціями; скорочення порожніх пробігів; більш повне використання вантажності рухомого складу; розробка оптимальних схем та маршрутів перевезень; підвищення рівня механізації навантажувально-розвантажувальних робіт.

Техніко-експлуатаційні показники характеризують інтенсивність використання рухомого складу [2]. Однією з базових стратегій для підвищення ефективності роботи підприємства вантажного транспорту – це збільшення його доходів та зменшення витрат на здійснення транспортного процесу.

Наступною стратегією має стати вдосконалення перевізного процесу шляхом маршрутизації перевезень вантажів, що забезпечить рух автомобілів за раціональним (оптимальним) маршрутом, дасть можливість зменшити пробіги без вантажу, збільшити коефіцієнт використання пробігу і продуктивність автотransпортних засобів, а також збільшити рентабельність перевезень. Робота рухомого складу по заздалегідь складених раціональних маршрутах спрощує оперативне планування, забезпечує регулярність перевезень, сприяє підвищенню продуктивності рухомого складу й ефективності перевезень [3].

На основі впровадження відповідних заходів можна отримати ефект від виконання перевезень вантажів по маршрутах міжнародних транспортних коридорів, що проявляється у збільшенні кількості надходження замовлень для автотransпортних підприємств (рис. 1).

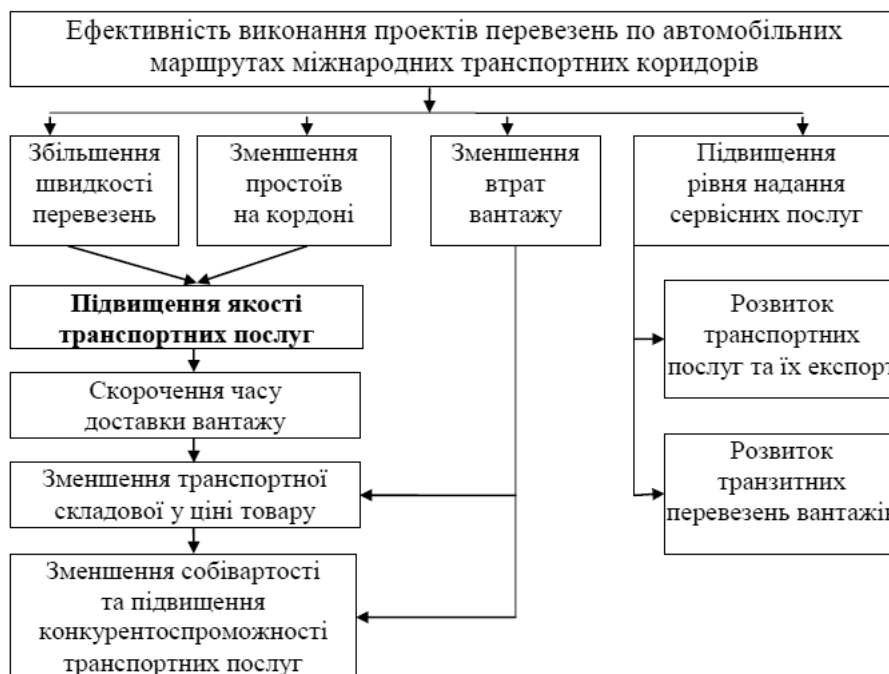


Рис. 1. Складові ефекту при реалізації проектів перевезень на міжнародних маршрутах

Для дослідження впливу обсягів перевезень вантажів на ефективність транспортного процесу пропонуємо п'ять варіантів зміни цих обсягів на основі даних приватних підприємств, які здійснюють перевезення вантажів на міжнародних маршрутах (3940 т, 4010 т, 4440 т, 4825 т, 5140 т).

При дослідженні впливу обсягів перевезення на експлуатаційні показники роботи підприємства можна зробити висновок, що при збільшенні обсягів перевезення зростають часові показники використання парку рухомого складу, зростає транспортна робота, пробіг парку рухомого складу, при цьому зменшується собівартість перевезень. Розрахувавши прибутки та рентабельність, робимо висновок, що найбільш ефективним є останній варіант проекту (при найбільш запланованих обсягах), а найменш ефективним – третій. В першу чергу це пояснюється тим, що коефіцієнт випуску автомобілів на лінію тут є найменшим, а собівартість утримування автомобілів у господарстві є досить високою, тому навіть при збільшенні обсягів перевезень порівняно з першим варіантом, отримані доходи не можуть дати бажаного прибутку.

Розрахунки показали, що при правильній організації перевезень і при проведенні заходів щодо підвищення продуктивності автомобілів наявний парк рухомого складу може здійснювати перевезення більших обсягів і отримувати відповідно більші прибутки.

Аналіз показників і дослідження тенденції їх зміни залежно від різних умов функціонування дозволяє визначити виробничі потужності парку рухомого складу, віднайти і активізувати не використані виробничі можливості.

### **Література**

1. Галкін А.С. *Логістичне управління автотранспортним обслуговуванням : навч. посібник* / А. С. Галкін ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 212 с.
2. Герзель В.М. *Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху: Навч. посіб.* / В.М.Герзель, М.М.Марчук, М.А.Фабрицький, О.П.Рижий. – Рівне: НУВГП, 2008. – 199 с.
3. Лебідь В.В. *Підвищення ефективності управління міжнародними автомобільними перевезеннями на маршрутах МТК з використанням результатів експериментальних досліджень* / В.В. Лебідь // *Збірка тез доповідей LXIX науково – практичної конференції науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ.* – К.: НТУ, 2013 – С. 225.

**УДК 629.07**

## **УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМИ АВТОБУСНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНИХ ПРИНЦИПІВ**

**MANAGEMENT OF URBAN BUS TRANSPORTATION BASED ON LOGISTICS PRINCIPLES**

**Сергій Чуйко, Олександр Кравченко, Володимир Шумляківський**

*Державний університет «Житомирська політехніка»,  
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005*

*In order to solve certain issues of the organization of passenger transportation, a method of obtaining information about passenger traffic with varying accuracy and at minimal costs is proposed, which will contribute to increasing the competition of municipal transportation.*

Процеси інтеграції до Європейської системи пасажирських перевезень та зростання конкуренції на ринку транспортних послуг України вимагають застосування якісно нових концепцій управління міським пасажирським транспортом, які здатні

гнучко реагувати на умови коливання ринкового середовища і на пріоритети споживачів, які постійно змінюються.

Внаслідок соціально-економічних змін упродовж останніх десятиліть у країнах Європи, в тому числі і в Україні, істотно змінилися транспортні потреби населення та їх суть. Тенденціями останнього часу є зниження попиту населення на перевезення муніципальним міським транспортом. Причинами цього є зростання кількості автомобілів, які належать громадянам, збільшення комерційного транспорту, погіршення рівня транспортного обслуговування. Це призводить до зниження об'ємів перевезення пасажирів, зменшення доходів транспортних підприємств і зростання потреби у бюджетному фінансуванні.

Одним із ефективних шляхів підвищення якості транспортного обслуговування населення і функціонування системи міського пасажирського транспорту є оптимізація маршрутної мережі, яка дозволяє скоротити витрати підприємства на перевезення, знизити потребу в рухомому складі і витрати пасажирів на переміщення. Це в повній мірі досягається наявною інформацією про пасажиропотоки у визначених локаціях міста, яка нею охоплена.

У роботі [1] запропоновано впровадження спеціальних смуг на перегонах вулиць, як одним із основних методів забезпечення пріоритетного руху маршрутних транспортних засобів на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста. Суть методу полягає у виділенні або відокремленні однієї чи декількох смуг руху, що з одного боку надає перевагу деяким видам транспортних засобів порівняно із іншими учасниками дорожнього руху, а з другого – формує однорідніші транспортні потоки на елементах ВДМ, що, своєю чергою, призводить до оптимізації швидкісних режимів. Такий шлях ефективного зниження завантаження вулиць і доріг притаманний для великих міст з належною інфраструктурою.

Разом з тим, проектування ефективної маршрутної мережі не можливе без отримання достовірної інформації про розподіл пасажиропотоків між мікрорайонами міста. Доведено, що інформація про пасажиропотоки є визначальною складовою у прийнятті управлінських рішень [2] на етапах організації і управління міським громадським транспортом в цілому.

Для визначення рівня забезпечення потреб населення послугами пасажирського автомобільного транспорту та закономірностей пересування населення сучасні дослідження ґрунтуються переважно на статистичних матеріалах. Існують прямі методи отримання матриці через анкетні опитування мешканців міста (потребують багато часу, коштів та залежать від бажання людей брати участь в опитуванні) і непрямі, що передбачають розрахунок матриць кореспонденцій через обсяги відправлень і прибуття транспортних засобів з використанням моделей розподілу пересувань між парами транспортних зон [2].

Перспективним напрямом покращення міських пасажирських перевезень є розробка технічних рішень, які забезпечуються можливістю інтелектуальної взаємодії між різними об'єктами транспортного процесу за допомогою інформаційних та комунікаційних технологій. Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) забезпечують можливість взаємодії одиночних транспортних засобів між собою або з транспортним потоком за допомогою інформаційних та комунікаційних технологій. Цілями ІТС є підвищення ефективності функціонування наземного транспорту, задоволення соціального попиту на виконання транспортної роботи, підвищення безпеки руху, зниження навантаження на довкілля та збереження дорожнього полотна [3].

Такий підхід наразі зумовлений відсутністю єдиної методики дослідження, яка здатна забезпечити отримання повної інформації про пасажиропотоки для розв'язання задач транспортного обслуговування, потребу обґрунтованої корекції діючої маршрутної мережі, запровадження автобусів підвищеної місткості, внесення корективів в розклад руху пасажирських транспортних засобів через зміну пасажиропотоків.

В результаті аналізу виявлено, що більшість існуючих методів розрахунку маршрутів міського пасажирського транспорту є варіаціями комбінаторного методу, заснованого на використанні апарату комбінаторного аналізу.

У окремих закордонних і вітчизняних публікаціях [2, 4] в галузі використання масивів інформації про транзакції абонентів стільникового зв'язку у дослідженнях як соціальних, так і технічних наук запропонували створення моделі формування матриць кореспонденцій на основі даних операторів стільникового зв'язку. Усю сукупність збирання і опрацювання масивів даних у цій моделі розглянуто з позицій інформаційних технологій.

Для дослідження окремих питань організації пасажирських перевезень потрібна різна за складом та структурою інформація, оскільки при розробці методики не обійтися вибором одного методу проведення обстежень. Вирішення цього питання можливе впровадженням багатоетапної методики, яка використовує кілька методів отримання інформації про пасажиропотоки з різною точністю та за мінімальних витрат. Обов'язковим чинником є створення базисного підходу шляхом розбивки маршрутної мережі на зони моніторингу на основі даних операторів стільникового зв'язку. В основі розроблених положень лежить методика базисного обстеження пасажиропотоків, яка включає оперативні, контрольні та коректувальні обстеження. На рисунку 1 наведено зв'язок між оцінкою впливу чинників і процесом прийняття рішення.

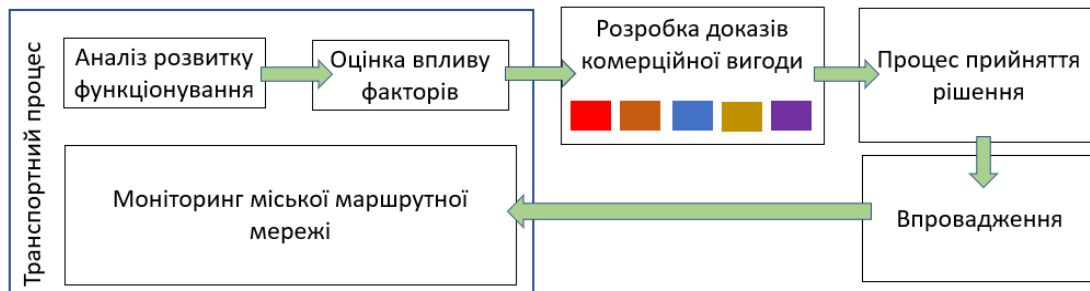


Рис. 1. Зв'язок моніторингу міської маршрутної мережі та процесом прийняття рішень

Практичне використання методології системного підходу для оцінювання ефективності маршрутної міської мережі обумовлене метою та глибиною його дослідження. Це дозволяє виділити багаторівневу структуру та забезпечення реалізації її інтеграційного представлення в межах системи «міський пасажирський транспорт». Метою базисного обстеження є забезпечення можливості визначення кореспонденцій пасажирів між мікрорайонами міста. Скорочення обсягу отриманої інформації досягається шляхом попереднього розбиття території міста на мікрорайони і зони. Для отримання матриці кореспонденцій пасажирів та вивчення структури пасажиропотоку базисне обстеження проводиться одноразово, методом опитування пасажирів на пунктах зупинки кожного мікрорайону, вивчення бази оплати проїзду валідаторами, формування даних стільникового зв'язку. Базисне обстеження передбачається виконувати неодноразово, якщо відбувається введення нової маршрутної мережі, будівництво нових мікрорайонів тощо. Технологія проведення базисного обстеження надає можливість варіювання їх кількості залежно від бажаної точності експерименту, частки пасажирів, для яких точно визначення кореспонденції гарантовано, кількості мікрорайонів і числа часових інтервалів.

Для вдосконалення процесу дослідження з формування пасажиропотоків на міській маршрутній мережі запропоновано базисний підхід на логістичних принципах. Дослідження

дозволяє різносторонньо оцінити чинники впливу для прийняття управлінських рішень покращення міських пасажирських перевезень.

### Література

1. Зубачик Р.М. Вдосконалення методів забезпечення пріоритетного руху для маршрутних автобусів на вулично-дорожній мережі міста: дис. канд. техн. наук: 05.22.01. НУ «Львівська політехніка», Львів, 2015. – 185 с.
2. Демчук І. Застосування інформаційних технологій у визначенні транспортних кореспонденцій жителів міста / І. Демчук // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2017. – № 864. – С. 286-291.
3. Evaluation of functional efficiency of automated traffic enforcement systems / M.A. Kerimov, R.N. Safiullin, A.V. Marusin, A.V. Marusin // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20. – P. 288–294.
4. Berlingerio M. AllAboard: a system for exploring urban mobility and optimizing public transport using cellphone data / M. Berlingerio, F. Calabrese, G. Di Lorenzo, R. Nair, F. Pinelli, M. L. Sbodio // Mobile Phone Data for Development: The main conference on the scientific analysis of mobile phone datasets. – Italy, 2013. – P. 379–411.

УДК 656.13

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОМИЛОК ВОДІЯ З УРАХУВАННЯМ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

STUDY OF DRIVER ERRORS TAKING INTO ACCOUNT PSYCHOPHYSIOLOGY

**Олексій Прасоленко, Віталій Чумаченко**

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002*

*The article presents an approach to determine the driver errors.*

За статистикою близько 60-70 % ДТП трапляються через неправильні дії водія. Дослідження вказують, що проблема безпеки руху пов'язана з чинниками людини [1-4]. Питання закономірностей зміни особливостей сприйняття та переробки інформації водія є в наш час дуже актуальними, саме вони визначають надійність діяльності водія. За основні показники надійності водія прийнято враховувати здатність до швидкого сприйняття та переробки інформації, здатність швидко та безпомилково приймати рішення в різних ситуаціях. Існують такі кількісні підходи до визначення надійності діяльності водія:

- відношення числової характеристики будь-якого показника до середнього чи оптимального значення (продуктивність праці водія, час реакції, швидкість переробки інформації і ін.);
- частота помилок, які призводять до відмови;
- тривалістю або точністю виконання особливо важливих операцій.

В теорії надійності – основний показник надійності функціонування системи – це відмова системи. Щодо водія відмова – це помилки в сприйнятті та розпізнаванні об'єктів,

---

прийнятті рішень, виконанні дій по керуванні транспортним засобом, які можуть створити аварійно-небезпечну обстановку, ДТП або припинення роботи.

Помилки водія можуть ставати причинами виникнення конфліктних ситуацій. Слід зауважити, що конфліктні ситуації характеризуються не лише виникненням повздовжніх та поперечних прискорень, що виходять за межі критичних, а також виникненням здвигів функціонального стану водія. Небезпека викликана появою в полі зору водія певного об'єкту середовища руху, що вимагає від водія дій направлених на забезпечення безпеки руху. При цьому, об'єкт середовища руху може знаходитись у двох станах – безпечному і небезпечному. В умовах щільного руху в транспортному потоці водій найбільший проміжок часу витрачає на фіксації автомобілів, що знаходиться попереду і таким чином намагається утримувати дистанцію, яка є параметром безпеки руху. Зустрічний транспортний потік і його характеристики теж впливають на розподіл фіксацій відносно глибини поля зору. При інтенсивному русі водій більше часу витрачає на сприйняття зустрічних автомобілів і контролює певний «коридор руху» який виникає між зустрічним рухом та попутним. Цей коридор водій постійно контролює та максимально звертає увагу на всі автомобілі, швидкості і траєкторії яких у нього викликають відчуття небезпеки. Показником небезпеки в цьому разі є кутова швидкість об'єктів відносно траєкторії руху водія. Мінімальна величина кутової швидкості, яка викликає у водія ледь помітне відчуття руху об'єкта, дорівнює 15-30 хв/с. Ясна відмінність руху об'єкта середовища досягається при кутовій швидкості, що дорівнює 0,0524 рад/с. При кутовій швидкості руху 3,6 рад/с зорове відчуття не виникає через малу тривалість експозиції зображення об'єкта на сітківці ока. Відмінність у кутових швидкостях руху двох об'єктів водій може помітити лише в тому випадку, якщо ці кутові швидкості за величиною відрізняються не менше ніж на 15-20% [2]. При сприйнятті об'єктів дорожнього середовища кутові швидкості трансформуються на видимі. За допомогою видимих швидкостей водій сприймає абсолютну віддаленість об'єктів, що рухаються, а за допомогою відмінності або зміни видимої швидкості – відмінності або зміни абсолютної віддаленості. Тому, кутова швидкість може розглядатися як умовний подразник, що інформує водія про віддаленість об'єкта, що рухається і його потенційну небезпеку. Саме тому кількість конфліктів під час руху потрібно розглядати в сукупності фактичних конфліктів тобто дій водія викликаних помилками сприйняття та взаємодії водія з небезпечними об'єктами шляхом утримання дистанції або траєкторії руху на основі сенсорного сприйняття кутових швидкостей цих об'єктів.

Кількість взаємодій водія з об'єктами середовища руху можна навести сумою:

$$N_B = N_{\text{бв}} + N_{\text{кв}} + N_{\omega}, \quad (1)$$

де,  $N_B$  – кількість взаємодій водія з середовищем руху;  $N_{\text{бв}}$  – кількість безпечних взаємодій водія з середовищем руху;  $N_{\text{кв}}$  – кількість фактичних конфліктних ситуацій викликаних помилками під час взаємодій водія з середовищем руху;  $N_{\omega}$  – кількість можливих конфліктних ситуацій під час взаємодій водія з середовищем руху, які викликають почуття небезпеки у водія шляхом зорового сприйняття.

Кількість фактичних конфліктних ситуацій під час взаємодій водія з середовищем руху можна визначити використовуючи «трекер» поздовжніх та поперечних прискорень, які виникають під час конфліктів. Кількість можливих конфліктних ситуацій, які викликають почуття небезпеки у водія шляхом зорового сприйняття, можна визначити використовуючи апаратуру для запису функціонального стану водія та технології відстеження погляду.

Відповідно до вищевикладеного імовірність безпомилкових дій водія можна визначити за формулою:

$$P_{\sigma} = \frac{N_B - (N_{\kappa\sigma} + N_{\omega})}{N_B}, \quad (2)$$

або у такому вигляді:

$$P_{\sigma} = 1 - \frac{(N_{\kappa\sigma} + N_{\omega})}{N_B}. \quad (3)$$

При цьому інтенсивність помилок визначиться співвідношенням:

$$\lambda = \frac{(N_{\kappa\sigma} + N_{\omega})}{N_B \cdot T_{Bi}}, \quad (4)$$

$T_{Bi}$  – середня тривалість  $i$ -го виду взаємодії водія з середовищем руху.

### Література

1. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін. ; під ред. М. Ф. Дмитриченка – К. : Знання України, 2005. – 344 с. – (5 кн. / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 1).

2. Гаврилов Е. В. Теоретичні основи проектування та організації умов дорожнього руху з урахуванням закономірностей поведінки водіїв : дис. ... доктора техн. наук / Е. В. Гаврилов. – К. : КАДІ, 1992. – 300с.

3. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник / Н. У. Гюлев; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 185 с

4. Prasolenko, O., Burko, D., Tolmachev, I., Gyulyev, N., Galkin, A., & Lobashov, O. (2019). Creating safer routing for urban freight transportation. *Transportation research procedia*, 39, 417-427.

### УДК 656.13

## АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РУХУ АВТОБУСІВ У МІСТАХ

## THE RELEVANCE OF RESEARCHING THE DURATION OF BUS TRAFFIC IN CITIES

**Володимир Гілевич, Олена Гнатів, Степан Калин**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The relevance of conducting research on the duration of bus traffic on public transport routes in cities is substantiated. The most significant factors affecting the duration of bus traffic are highlighted.*

Будь-яке велике місто не можливо уявити без громадського транспорту, ефективна робота якого є запорукою нормального функціонування та розвитку цього ж міста. З цієї позиції, органи місцевого самоврядування повинні бути зацікавлені у належній роботі громадського транспорту, адже для більшої частини населення це єдиний практичний спосіб добратися до місць праці, навчання, відпочинку, медичних закладів, торгових центрів тощо.

Одним з важливих чинників, який істотно впливає на якість обслуговування пасажирів є дотримання, встановлених у паспорті маршруту, графіків руху автобусів. Це актуально в першу чергу для маршрутів громадського транспорту великої протяжності, які проходять

через різні функціональні зони. Особливо, коли місто має історичну частину, де заходи з перепланування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) не можливо втілити у життя. Отже, стає очевидним, що забезпечити дотримання однакової експлуатаційної швидкості руху автобусів вздовж такого маршруту є не простою задачею.

Варто зазначити, що чинників впливу на рух маршрутних автобусів є досить багато. Це і кількість смуг для руху транспорту на окремих ділянках ВДМ, і наявність/відсутність окремої виділеної смуги для руху автобусів (часто її в принципі немає змоги влаштувати), і кількість регульованих перехресть вздовж маршруту (необхідно враховувати тривалість світлофорного циклу і пофазний роз'їзд), і наявність нерегульованих пішохідних переходів, і розташування зупинок громадського транспорту (в «кишені» чи на смузі руху), і рівність дорожнього покриття тощо. Для кожного окремо взятого міста цей список можна доповнювати, враховуючи різні притаманні лише для нього особливості. Крім цього, потрібно пам'ятати, що до зриву графіків руху можуть призвести і поломки автобусів під час роботи на маршруті, що спричиняє збільшення тривалості очікування пасажирів на зупинках і як наслідок їх морального невдоволення (особливо у зимовий період, дощову чи вітряну погоду).

Не зважаючи на те, що в науковій літературі (як вітчизняній, так і закордонній) є достатньо інформації на цю тему, дослідження в даному напрямку потрібно продовжувати. На нашу думку, докладно дослідивши кожен окремий вищеназваний показник, можна розробити методіку, яка дасть можливість швидко визначити шукану тривалість руху автобусів для будь-якого міського маршруту. На основі цих результатів будуть вноситись корективи у паспорти маршрутів і, зокрема, у графіки (розклади) руху автобусів на них.

Наведена тут інформація наводить на думку, що проведення досліджень у цьому напрямку є потрібними, адже це в перспективі може підвищити як якість надання послуг користувачам громадського транспорту, так і до зменшення витрат перевізників через простої автобусів на окремих ділянках маршруту.

**УДК 656.13**

### **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРИ ДОСТАВЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВАНТАЖІВ**

**FEATURES OF RISK ASSESSMENT DURING AGRICULTURAL CARGO DELIVERY**

**Дмитро Музильов<sup>1</sup>, Микола Карнаух<sup>1</sup>, Олексій Павленко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Державний біотехнологічний університет,  
вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002*

<sup>2</sup> *Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002*

*The paper highlights existing risk diversity that arises during agricultural product delivery. A brief description was carried out for approaches to assess risks in agricultural cargo supply chains.*

Під час доставки сільськогосподарських вантажів виникає значна кількість ризикових ситуацій. При цьому, наявність ризиків може спостерігатися на будь-якій ланці ланцюга постачання [1]. Це пояснюється тим, що умови взаємодії елементів ланцюга постачання



досить складні, особливо в поточний період, коли виникають порушення звичайних логістичних зв'язків між учасниками процесу доставки [2-3]. Особливо це відображається при постачанні масових вантажів, наприклад сільськогосподарської продукції [4-6].

Можна зазначити, що за своїми ознаками ризики можуть поділятися на декілька категорій. Групування ризикових ситуацій при доставці сільськогосподарських вантажів відбувається на основі специфіки організації логістичного процесу [7], а також залежно від того, які цілі у проведенні оцінки. Тобто, набір ризиків, який використовується при оцінці, залежить від специфіки вантажу, особливостей побудови ланцюга постачань [8], а також повинен включати інформаційну складову, економічну та, за потреби, екологічну.

Якщо розглянути в цілому систему ризиків, що виникають при доставці сільськогосподарських вантажів, то можливо провести відповідну структуризацію:

1. Технологічні. Включають технологічні аспекти функціонування ланцюга постачання, а також взаємодії елементів у місцях з'єднання ланок ланцюгів.
2. Технічні. Визначають надійність технічних складових системи (транспортні засоби, навантажувально-розвантажувальні механізми, транспортна інфраструктура тощо).
3. Економічні. Показують економічну доцільність організації ланцюга постачань. Тобто наскільки співвідноситься витратна складова процесу доставки із прибутком.
4. Інформаційні. Відповідають за швидкість обміну інформацією між елементами ланцюга постачань. Також виникнення ризиків цієї групи в системі значно знижує інформаційну безпеку.
5. Екологічні. Визначають рівень негативного впливу на довкілля від перевізного процесу. При цьому процес доставки сільськогосподарської продукції повинен узгоджуватися із сучасними вимогами до викидів шкідливих речовин в атмосферу.
6. Політичні. Характеризують рівень стабільності в країні, коливання соціально-економічної ситуації та вплив змін в нормативно-законодавчій базі країни.

Для оцінки такої множини ризиків при доставці сільськогосподарської продукції можуть використовуватися, як класичні, так й інноваційні підходи. Оскільки за своєю суттю ризик має ймовірнісну природу, то в більшості випадків оцінка відбувається шляхом визначення ймовірності виникнення ризику при здійсненні доставки вантажу. Тому, при встановленні взаємозв'язків між ризиками та функцією-відклику, як правило будують лінійні залежності.

З одного боку це значно спрощує розрахунки, а з іншого, може зменшувати адекватність моделей. Тому більшість оціночних моделей, які використовуються для цього мають низький рівень гнучкості. Що, в свою чергу, зменшує рівень прийняття управлінських рішень. Бо неврахування основних типів ризиків, не дозволяє відповідно врахувати можливі негативні ситуації, які потенційно виникають під час доставки.

Тому для побудови гнучкіших моделей оцінки ризиків останнім часом, все більшої уваги приділяють математичним апаратам, які дозволяють розглядати проблему комплексно та із позиції певної невизначеності питання, що вивчається. Такі походи використовують інноваційні методи з елементами смарт-технологій та штучного інтелекту. Це дозволяє провести ширшу оцінку та, безпосередньо, під час експерименту встановити рівень взаємозв'язку між ризиками та функціями відклику системи.

При цьому наявність ризиків під час доставки значно зменшує ефективність процесу. Однак, при своєчасному врахуванні негативних аспектів, що виникають в логістиці сільськогосподарської продукції, можна скорегувати процес доставки таким чином, щоб втрати були найменшими. А це у свою чергу підвищує стійкість та надійність постачання сільськогосподарської продукції в непростих умовах.

Отже, можна стверджувати, що для побудови моделей оцінки ризику під час доставки сільськогосподарської продукції доцільно використовувати комплексні моделі, які базуються на принципах нечіткої логіки або нейронних мереж.

### Література

1. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Shramenko, N., Cagaňová, D., Ivanov, V. (2023). *Mathematical Modeling as a Tool for Selecting a Rational Logistical Route in Multimodal Transport Systems*. In: Cagaňová, D., Horňáková, N. (eds) *Industry 4.0 Challenges in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92968-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92968-8_2).
2. Волкова, Т.В. Удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом на території України [Текст] / Т.В. Волкова, О.В. Павленко // *Комунальне господарство міст*. 2020. 154 (1). С. 216-222.
3. Бережна Н.Г., Біляєва О.С., Войтов В.А., Горяїнов О.М., Карнаух М.В., Кравцов А.Г., Кутья О.В., Музильов Д.О., Шраменко Н.Ю. *Проблеми транспортно-логістичного забезпечення в аграрній галузі. Монографія*. – Харків: Миськодрук, 2019. – 180 с.
4. Павленко О.В. *Модель функціонування системи доставки насіння зернових культур у контейнерах з США до України* / О.В. Павленко, Д.О. Музильов // *Комунальне господарство міст*. – 2022. – Т. 4, Вип. 171. – С. 179-184. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-4-171-179-184>.
5. Shramenko, N., Muzylyov, D., Shramenko, V.: *Model for Choosing Rational Technology of Containers Transshipment in Multimodal Cargo Delivery Systems*. In: Karabegović I. (eds) *New Technologies, Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 128. Springer, Cham, 621-629 (2020). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0\\_72](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_72).
6. Shramenko N., Shramenko V. *Simulation Model of the Process of Delivering Small Consignments in International Traffic Through the Terminal System*. – ICST, 2020
7. Nagorny E.V., Muzilev D.A. (2009). *Strategy of forming of municipal delivering routes on an operative period taking into account the unevenness of distribution of demand on the specific loads*. *The Eastern-European magazine of front-rank technologies*, 6/4 (42), 27–30.
8. Muzylev D. *The criteria of choice of a rational technology of delivery the agricultural goods*. D Muzylev, N Kataux, N Berezhnaya, O Kutya – *Motrol. Commission of motorization and energetics in in Agriculture – 2015. Vol.17. No.7. 67-72*.

УДК 656.25.045.6

## ЛЮДСЬКИЙ ЧИННИК У ПИТАННІ БЕЗПЕКИ РУХУ

### THE HUMAN FACTOR IN TRAFFIC SAFETY

Сергій Буряк, Оксана Гололобова

*Український державний університет науки і технологій,  
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010*

*The article discusses the role of a person in the implementation of the transportation process. The factors influencing the formation of mindfulness and the maintenance of vigilance are investigated.*

Високий розвиток технологій призвів до підвищення надійності систем, особливо за останній час, натомість уважність, швидкість реакції людини залишилися незмінними. Відповідно, людська помилка сьогодні вважається значним джерелом аварій або інцидентів у критичних для безпеки системах.

Проведені дослідження спрямовані на формування розуміння впливів, яким піддається людина, за допомогою існуючої загальної теорії людських помилок та систем моніторингу. Ставиться за мету вдосконалення системи контролю фізичного та психологічного стану працівників. Важливо забезпечити комплексний підхід оцінювання стану всіх учасників руху в конкретно визначений час, виконувати контроль життєвих показників, уважності та моніторинг загального стану осіб, які беруть участь у русі поїздів. Враховуючи зростання швидкостей руху та збільшення плечей обертів, значно зросло навантаження на людину, яка в даному разі виступає як оператор руху.

У праці [1] автори стверджують, що людський чинник – це міждисциплінарна область, яка може бути розкрита лише за допомогою психології, інженерії, антропометрії, промислового дизайну, медицини, дослідження операцій. Розуміння фізичної суті системи впливу на уважність людини допомагає оцінювати і запобігати негативній появі людського чинника, тобто людських помилок на безпеку системи. Це зазвичай застосовується в контексті оцінки ризиків складних і потенційно небезпечних систем, таких як транспортна система.

Д. Гаур у своїй роботі [2] проаналізував типові форми поведінки, які є передумовами небажаних подій, аварій, інцидентів: люди часто, самі того не бажаючи, припускаються помилок; часто пропускають чи неправильно читають інструкції; більшість людей не перевіряють ще раз системи на наявність помилок; вони часто діють нерационально у надзвичайних ситуаціях; вони зазвичай під час виконання завдань, думають про інші речі; як правило, погано оцінюють відстань та швидкість; значна частина людей стає надто самовпевненими після успішного поводження з небезпечними предметами протягом тривалого часу; люди постійно поспішають.

Д. Портер [3] у свою чергу здійснив аналіз ведення поїзда та описав у своїй книзі дії, які зобов'язаний виконувати машиніст, таким чином: регулювати та стежити за швидкістю поїзда. У цьому разі потрібно зосередити свою увагу на спідометрі для сприйняття цієї інформації та подальшого прийняття рішень; стежити за трасою та помічати перешкоди. Тут необхідні швидка реакція, пильність та самостійне прийняття рішень; дотримуватися показань сигналів, індикаторів та таблиць, які зустрічаються на шляху, що потребує швидкої та адекватної реакції, пильності, а також пам'яті і знання маршруту; давати відповіді на запити систем автоматизації, сигналізації та блокування. У цій ситуації потрібна пильність для розпізнавання сигналів, а також добра пам'ять для того, щоб підсумовувати інформацію, на основі якої машиніст поїзда повинен швидко та самостійно приймати рішення; помічати людей, які працюють на колії, де також головну роль займає пильність; давати відповіді на запити пристроїв контролю пильності. Не менш важливим чинником впливу на надійність виконання обов'язків є стрес.

На жаль, через зростання задач і функцій, які виконують залізничні перевезення, кількість транспортних пригод не зменшується, до того ж зростає їхня тяжкість. За даними міжнародної бази даних катастроф Центру досліджень епідеміології аварій [4] за 100 років (з 1919 по 2019) кількість катастроф на залізницях світу, в яких загинуло 10 та/або більше 100 осіб травмовано, стабільно зростає. І якщо в період 1920-1949 рр. це число було в межах 23 жертв, то в період 1980-2019 рр. воно зросло вже до 467.

Крім цього, згідно зі статистикою, наведеною на сайті Агенства залізниць ЄС [5], переважна більшість подій (87%) на залізницях Європи, що відображає загальносвітові тенденції, становлять два найнебезпечніші види: зіткнення та сходи поїздів (61%) з рейок та аварії на переїздах (26%). Таким чином, втрата пильності машиністом призводить до виникнення подій на залізничному транспорті у 37% випадків. Значну ж частку транспортних пригод пов'язують із пропуском заборонних сигналів членами локомотивної бригади (рис. 1).

---

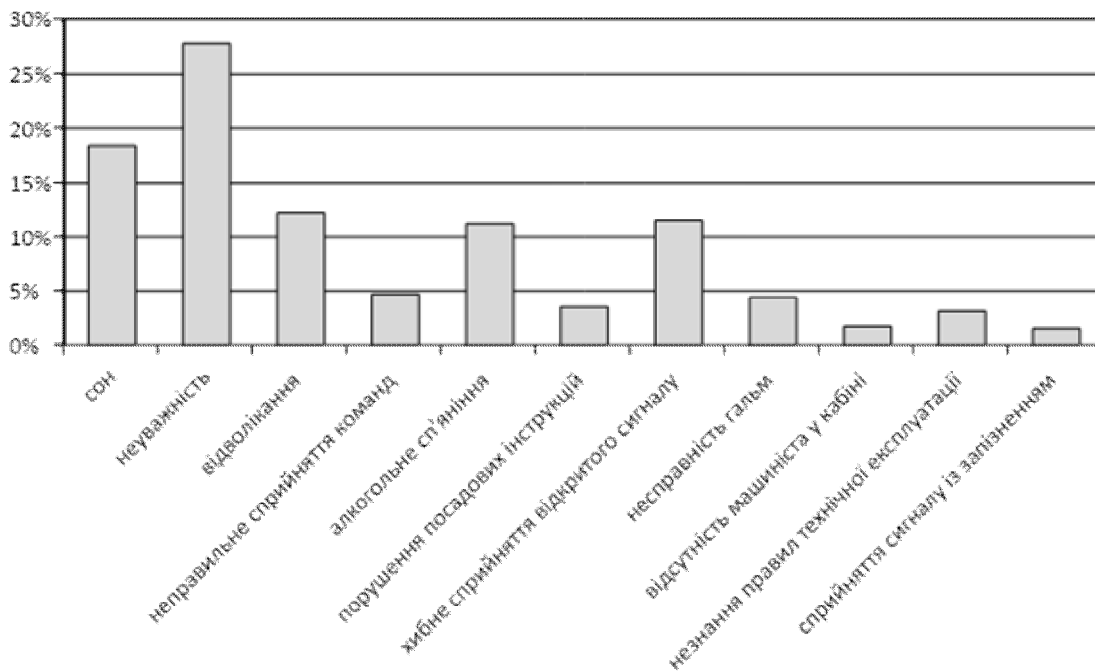


Рис. 1. Причини, з яких оператор не реагує на сигнал

Людські помилки відбуваються з різних причин (табл. 1), а тому потребують різних заходів для запобігання.

Таблиця 1

**Причини людських помилок**

Категорія	Джерела помилок
Фізіологічні	1. Робоче середовище – шум, освітлення, час роботи, зміна температури, вентиляція тощо 2. Стрес 3. Надання чомусь надто великої кількості уваги чи навпаки неуважність, плутанина у сприйнятті 4. Адаптація до змін у фізіологічній системі та навколишньому середовищі 5. Розумове перевантаження та втома
Анатомічні	Фізична непрацездатність, вік, хвороба, рани, погана фізична координація
Соціально-особистісні	Нещастя у члена сім'ї, напружені відносини між членами сім'ї, колегами по роботі, соціальна дисгармонія

Протягом останнього десятиліття безпека руху стала тісно пов'язана з таким поняттям, як «людський чинник», який є однією з основних причин небезпечних подій, інцидентів та аварій. І не даремно, оскільки розвиток науки та техніки значно випередив розвиток людських здібностей, які формувалися та еволюціонували тисячоліттями.

Грунтуючись на даних, наведених у джерелах та виходячи з проведеного аналізу, можна зробити висновок, що основний внесок у помилки людини є відволікання уваги, втома та сон. Заходи, спрямовані на подолання цих причин, нині не є досконалими і потребують розвитку. Не можна обмежуватися лише регламентуванням періодів роботи та відпочинку. Потрібно враховувати стан конкретної людини у даний момент часу.

При цьому потрібно також враховувати, що при зміні характеру руху (підвищення швидкостей руху, збільшення плечей обертів, використання принципово нових технічних рішень та застосування передових технологій тощо) повинні змінюватися і методи моніторингу стану локомотивної бригади, з обов'язковим урахуванням усіх чинників фізичного, психологічного, інтелектуального та інших видів впливу на працівника безпосередньо

та на його увагу зокрема. Лише зважений підхід до формування якісної взаємодії людини та техніки здатний дати максимально великий ефект.

### Література

1. Baysari M. T. *Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia* // M. T. Baysari, A. S. McIntosh, J. R. Wilson *Accident Analysis and Prevention* 40 (2008)
2. Gaur D. *Human factors analysis and classification system applied to civil aircraft accidents in India. Aviation, Space, and Environmental Medicine* 76 (5), 2005, 501-505.
3. Porter, D. *A detailed task analysis of four types of train driving, Issue 1, SRD, Cheshire, 1992.*
4. Guha-Sapir, D. *EM-DAT: International Disaster Database [Electronic resource]* / D. Guha-Sapir, R. Below, Ph. Hoyois. – University Catholique de Louvain – Brussels – Belgium. – Available at: <http://www.emdat.be/database>
5. *Common Safety Indicators EC [Electronic resource]* – The European Railway Agency (ERA) – Valenciennes – France. – Available at: <http://www.era.europa.eu/Pages/Home.aspx> .

УДК 656.073.28

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

INTERRELATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE CARGO DELIVERY SYSTEM

Вікторія Сморковська

*Одеський Національний Морський Університет,  
вул. Мечникова, 34, м. Одеса, 65029*

*The parameters that affect the change in costs for operations that are carried out in the cargo delivery system (road transportation, rail transportation, sea transportation, loading and unloading operations) are determined.*

Під системою доставки розуміють широке коло операцій, що виконуються після виготовлення продукції і до її отримання споживачем. Спроектованій системі доставки можна поставити у відповідність певний набір параметрів, що характеризує її з різних позицій. Наприклад, час доставки, вартість доставки, надійність, потужність (пропускна чи провізна здатність) тощо.

Вимоги, які пред'являються до системи доставки, можуть бути як жорстко заданими, так і такими, що допускають різноманітні варіанти. Наприклад, якщо спроектована система повинна відповідати вимогам «точно в строк», тобто час доставки є жорстко заданим, то значення параметра «час» у наборі характеристик системи доставки є єдиним і однозначним. Але може складатися ситуація, коли час доставки припускає діапазон зміни. Тоді, варіюючи часом доставки, можна варіювати також вартістю доставки і параметри "час доставки" і "вартість доставки" можуть набувати різних значень з безлічі допустимих.

В умовах ринкових відносин є можливість вибору постачальника транспортних і супутніх послуг з безлічі підприємств, представлених на ринку транспортних послуг. Кожна група підприємств займає свою цінову нішу, яка визначається розмірами компанії, рівнем сервісу, технічною оснащеністю, географією перевезень, тощо. У зв'язку з цим у відправника вантажу завжди є вибір: скористатися послугами невеликого підприємства з відносно

застарілими технічними засобами, які гарантують нешвидке здійснення перевезення/перевалювання, але за відносно низькою ціною, або скористатися послугами великої компанії, що володіє сучасними транспортними засобами, засобами зв'язку і додатковими послугами, яка гарантує доставку вантажу у мінімально можливий термін, але за порівняно високою ціною. Крім того, завжди існує "золота середина" – помірна вартість за середній час виконання робіт.

Таке варіювання вартістю перевезення притаманне всім видам транспорту, крім залізничного. Скоротити або збільшити витрати на залізничне транспортування можна лише шляхом скорочення або збільшення відстані перевезення (наприклад, варіювання витратами може відбуватися шляхом вибору пункту перевалювання вантажу, відстань до якого менша, ніж до інших можливих).

У випадку з автомобільним транспортом, якщо відправник вантажу задоволений технічним оснащенням компанії-перевізника, скоротити тривалість перевезення він може, наприклад, за рахунок оплати праці додаткового водія (щоб не було простоїв, які збільшують загальну тривалість перевезення). Подібне рішення можливе і у випадку з підприємством, яке здійснює ВРР (оплата понаднормових, або оплата бригади, що працює у третю зміну). Подібні рішення не збільшують заявлений підприємством-постачальником послуг тариф на будь-яку роботу, але збільшують вартість перевезення/перевалювання для споживача транспортних послуг.

Основними параметрами системи доставки, які через свій взаємозв'язок допускають оптимізацію одного за рахунок варіювання іншими, є:

- час доставки,  $t$ ;
- вартість доставки,  $R$ ;
- розмір партії вантажу,  $Q$ .

Час доставки партії вантажу  $Q$  в цілому по системі розраховується як:

$$t = \sum_{i=1}^n t^i, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість технологічних операцій в системі доставки (перевезення різними видами транспорту, вантажно-розвантажувальні роботи, зберігання, тощо).

Витрати на виконання кожної операції можна представити таким чином:

$$R^i = R_{(Q,t)}^i, \quad (2)$$

$$R^i = f_{(Q,t)}^i \cdot Q, \quad (3)$$

де  $f_{(Q,t)}^i$  – тариф (грошових одиниць/тону) на виконання операції  $i$  за час  $t^i$  для партії вантажу  $Q$ .

Тривалість виконання операції  $t^i$  може залежати від розміру партії вантажу  $Q$  та від швидкості виконання операцій (наприклад, тривалість вантажно-розвантажувальних робіт:  $t^{BPP} = Q/M$ , де  $M$  – інтенсивність вантажно-розвантажувальних робіт).

Теоретично, вид залежності витрат на перевезення/перевалювання вантажу від одночасної зміни  $Q$  та  $t$  ( $\Delta t$ ), матиме такий вигляд:

$$R_{(Q,t)}^i = a \cdot Q^\alpha + \gamma \cdot \Delta t^i, \quad 0 < \alpha < 1, \quad (4)$$

де  $a \cdot Q^\alpha$  відображає витрати на перевезення/перевалювання, які змінюються залежно від розміру партії вантажу;  $\gamma \cdot \Delta t^i$  визначає надбавку до плати за прискорення перевезення/перевалювання залежно від скорочення часу на  $\Delta t$ ;

$$\Delta t^* \leq \Delta t \leq 0;$$

$$Q_{\min} \leq Q \leq Q_{\max}$$

Залежності можна використовувати під час організації системи доставки вантажів для пошуку оптимальних комбінацій витрат та часу на транспортування.

### Література

1. Лесник А.С. Моделирование зависимости себестоимости производства погрузо-разгрузочных работ от объема перевалки груза в портах // Развитие методов управления та господарювання на транспорті: Збірник наукових праць. Випуск 4. – Одеса: ОНМУ, 1999. – С.102-117.
2. Онищенко С.П. Анализ зависимости эффективности проекта приобретения судна от дедевейта // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Збірник наукових праць. Випуск 9. – Одеса: ОНМУ, 2005

УДК 656.1.7

## ПРО РОЗВИТОК КОМБІНОВАНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

### ABOUT THE DEVELOPMENT OF COMBINED FREIGHT TRANSPORTATION

Сергій Гревцов, Олег Возняк, Олексій Кіцул

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*The article covers the issues of requirements for graduates with a speciality in transport technologies, established on the trendy conditions of the development of the transport industry, in particular, based on the needs of new freight forwarding and stevedore companies.*

У 2018 році був затверджений Стандарт вищої освіти за спеціальністю 275 «Транспортні технології» (за видами) галузі знань 27 «Транспорт» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, який став єдиним нормативним документом для підготовки бакалаврів даної спеціальності усіх видів транспорту.

Стандарт вищої освіти містить компетентності, які визначають специфіку підготовки бакалаврів зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами) та результати навчання, які виражають, що саме студент повинен знати, розуміти та бути здатним виконувати після успішного завершення освітньої програми. Вони узгоджені між собою та відповідають дескрипторам Національної рамки кваліфікацій. Так, спеціальні (фахові, предметні) компетентності містять здатність:

- аналізувати та прогнозувати параметри і показники функціонування транспортних систем та технологій з урахуванням впливу зовнішнього середовища;
- до оперативного управління рухом транспортних потоків;
- організовувати взаємодію видів транспорту;
- оптимізувати логістичні операції та координувати замовлення на перевезення вантажів від виробника до споживача, дотримуватись законів, правил та вимог систем управління якістю;
- проектувати транспортні (транспортно-виробничі, транспортно-складські) системи і їх окремі елементи;

- оцінювати експлуатаційні, техніко-економічні, технологічні, правові, соціальні, та екологічні складові організації перевезень;
- організовувати міжнародні перевезення тощо.

Зважаючи на це, випускники ЗВО цієї спеціальності можуть бути працевлаштовані не тільки на підприємствах компаній-перевізників (за видами транспорту), а і в організаціях, які надають транспортні послуги в процесі доставки вантажів (транспортно-експедиторські, логістичні, стивідорні, тальманські, консалтингові компанії). Тому випускники такої спеціальності будуть кращими фахівцями і спеціалістами за умови впровадження нових підходів в організації навчального процесу.

Сьогодні у світі склався єдиний транспортний комплекс у формі кооперації діяльності невеликої кількості потужних транспортних і транспортно-експедиторських компаній і сотень, якщо не тисяч середніх і дрібних експедиторських фірм і транспортних підприємств. Таким чином, основним суб'єктом, який пред'являє вантаж перевізникам, став експедитор. Експедитори контролюють близько 60 % перевезень магістральними видами транспорту та до 75 % міжнародних перевезень. Експедитор стає оператором логістичної системи, який забезпечує прогнозування та планування перевезень, спостереження за рухом вантажів, за часом доставки товару, оптимізацією просування вантажів і зберігання сировини, матеріалів і готових виробів.

Важливою умовою, що забезпечує повне транспортно-експедиторське обслуговування, стало приєднання транспортно-експедиторських організацій до прямого змішаного сполучення. Практика показує, що виконання транспортно-експедиторських операцій широкого спектру стає найбільш раціональною формою, яка забезпечує доцільне використання рухомого складу, прискорення доставки вантажів, а також скорочення транспортних витрат відправників вантажу та вантажоотримувачів. На ринку транспортних послуг залишаються здебільшого компанії, які надають велику кількість транспортних послуг, з високою якістю обслуговування клієнтів.

Загальною тенденцією у сфері транспорту за кордоном є поступова інтеграція національних транспортних систем у загальносвітову. У цих умовах доставку вантажів прагнуть здійснювати переважно за варіантом «від дверей до дверей» у режимі «точно в термін» на будь-яку адресу, на чому і зосереджена, в основному, діяльність транспортно-експедиторських фірм у різних країнах.

Світовий досвід також свідчить, що без розгалуженої мережі транспортно-експедиторських підприємств різних форм власності сформувати повноцінний ринок транспортних послуг і забезпечити високу якість обслуговування вантажовласників неможливо.

Базова транспортна технологія вантажних перевезень залишається незмінною: завантаження (на складах відправника) вантажу в транспортний засіб, власне перевезення та вивантаження на складах отримувача. Це перевезення «від дверей до дверей». Удосконалюються лише окремі компоненти фундаментального транспортно-технологічного циклу. Прорив відбувся ще у середині ХХ століття, коли з'явилися контейнерні технології, які від самого початку були націлені на прискорення виконання вантажних операцій, але менш ніж за 50 років призвели до виникнення «феномену інтермодальності» – явища, яке не тільки увійшло в усі сфери транспортної діяльності, а і стає своєрідною транспортною філософією. Тому цілком правомірне віднесення інтермодальних перевезень до технологій загального призначення (*general purpose technologies*), які загальновідомі, широко застосовуються та створюють багато побічних ефектів, тому що мають вплив на увесь економічний комплекс. При цьому базові елементи інтермодального транспортного сервісу лишаються незмінними: єдиний оператор, що несе відповідальність за увесь процес перевезення вантажу; наскрізний



тариф (прозорий і зрозумілий); єдиний перевізний документ (договір перевезення вантажу). Сполучення цих елементів створює саме той привабливий транспортний продукт, який стає основним в умовах глобалізації торгівельно-економічних зв'язків.

Згадування інтермодальних перевезень стає майже обов'язковим для доповідей, наукових статей, офіційних документів та досліджень у транспортній галузі. При цьому різні автори по-різному трактують даний термін і по-різному оцінюють ефекти від його застосування. Основним же залишається те, що від застосування нових технологій користь отримує не тільки вантажовласник. Розвиток інтермодальних перевезень підвищує рівень міжвидової координації, коли перевезення одним видом транспорту (наприклад, автомобільним або залізничним) змінюється на комбіноване (наприклад, автомобільно-залізничне) перевезення. При цьому автотранспортні оператори досягають здешевлення сервісу порівняно з прямими перевезеннями, а залізничний транспорт отримує опосередкований доступ до ринку перевезення дрібних і малотоннажних відправок.

Як висновок, загальні тенденції та перспективи розвитку транспортної системи передбачають, що інтермодалізм розглядається як перспективна методологічна основа інтеграції різних видів транспорту і формування інтегрованої транспортної системи майбутнього, коли буде зламаний «модальний» підхід до розвитку транспорту, який сьогодні лежить в основі сучасної транспортної культури. На сьогодні транспортна система розглядається як формальна сукупність окремих видів транспорту, кожен з яких розвивається на основі власних правових норм, правил і стандартів. При цьому відбувається конкуренція з іншими видами транспорту, яка ще й закріплена національним і міжнародним транспортним законодавством, що визначає як структуру усіх транспортних програм і проектів, так і спостерігається у дослідженнях в області транспорту (науково-дослідна робота в університетах). Крім того, конкуренція відбувається не тільки на рівні ринку перевізників (експедиторів), а законодавчому (боротьба за сприятливіші правові умови) та виконавчої влади (суперництво за отримання бюджетного фінансування). Відмітимо, що «модальний» підхід впродовж десятиліть сприяв підвищенню ефективності та конкурентоспроможності окремих видів транспорту і розвитку транспорту в цілому. Але на визначеному етапі він вступив у протиріччя з принципами сучасної економіки, яка розвивається, перш за все, на основі інтеграції виробничих і розподільчих процесів у рамках ланцюгів постачання. Інтермодальний підхід базується на тому, що формування комплексу транспортного обслуговування галузей економіки, регіонів держави і окремих вантажовласників визначається, в першу чергу, інтересами споживача транспортних послуг. При цьому конкуренція ведеться не між окремими перевізниками або видами транспорту, а між мультимодальними транспортними операторами – логістичними провайдерами, які формують комплексні транспортні сервіси. Раніше ефективність інтермодальних перевезень визначалася такими технологічними чинниками як прискорення доставки вантажу (у тому числі, за рахунок прискорення виконання вантажних операцій), спрощення взаємодії різних видів транспорту, покращення збереження вантажів. Але тенденція до об'єднання транспортних, складських і розподільчих процесів під єдиним управлінням створила передумови до інтеграції інтермодальних перевезень у систему вантажних перевезень в цілому. Ця тенденція відстежується у сегменті комбінованих залізнично-автомобільних перевезень. Їх інтеграція в об'єднану транспортно-логістичну систему забезпечує: покращення ефективності управління як товарними так і транспортними потоками; раціональне управління запасами на основі організації гнучкої взаємодії автомобільного і залізничного транспорту та використання інтермодальних терміналів. Комбіновані перевезення – ефективний інструмент покращення позицій кожного

виду транспорту на ринку транспортних послуг, що підтверджується розповсюдженням таких перевезень у транспортних системах найбільш розвинутих економік (США, ЄС).

У системах комбінованих перевезень разом із великотоннажними контейнерами ISO, значне поширення отримали «альтернативні» інтермодальні транспортні одиниці (ІТО) – контрейлери, знімні кузови і «континентальні» контейнери, застосування яких значно підвищує ефективність транспортування у системах постачання але, разом з тим, ускладнює задачу формування парків ІТО, якими володіють транспортні оператори і логістичні провайдери.

Розвиток комбінованих перевезень в Україні не може зводитися до прямого копіювання найбільш вдалих організаційних і технологічних рішень, тому необхідно розробити свої методологічні принципи розвитку таких перевезень та їх інтеграції у світові ланцюги постачань.

Вантажовідправнику (вантажовласнику) зручніше мати справу з одним експедитором на всіх етапах переміщення товару від пункту відправлення до пункту призначення. Перевезення мають виконуватись із застосуванням контейнерів, контрейлерів та інших транспортних засобів за єдиним документом, а керування ними – здійснюватися з одного логістичного диспетчерського центру.

На думку окремих фахівців, мультимодальні перевезення – це інтегрована та взаємозв'язана транспортна система, завданням якої є прискорення, здешевлення та спрощення технологічних процедур упродовж повного ланцюга доставки «від дверей до дверей» за умов організаційно-технологічної взаємодії всіх ланок перевізного процесу.

Спеціалісти визначають, що міжнародні мультимодальні перевезення – це перевезення з використанням декількох видів транспорту, виконувані під відповідальністю одного перевізника за єдиним транспортним документом і за єдиною наскрізною ставкою.

Вони ж, науковці ототожнюють мультимодальні, комбіновані та інтермодальні перевезення вантажів та вважають, що, якщо під час перевезення хоча б два види транспорту є міжнародними, то таке перевезення є мультимодальним (змішаним).

Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) підготувала документ, в якому представлена термінологія комбінованих перевезень. Згідно цього документу мультимодальні перевезення – це перевезення вантажів двома і більше видами транспорту.

Узагальнюючи існуючі підходи та практику здійснення мультимодальних перевезень, представимо власне визначення цього поняття. Мультимодальні вантажоперевезення – це внутрішньодержавні та міжнародні перевезення вантажів двома або більше видами транспорту за умови доставки вантажу до пункту призначення на підставі єдиного договору.

У період локального розвитку інтермодальних перевезень в Україні мають розроблятися та реалізовуватися проекти, які базуються на різноманітних технологічних і бізнес-рішеннях. Для цього етапу будуть характерні орієнтація на достатньо вузькі вантажні сегменти або окремі (визначені) вантажопотоки за відсутності єдиних технологічних стандартів. Однак, накопичений досвід створив передумови для переходу до етапу масової контейнеризації і контрейлеризації перевезень вантажів. І в цих умовах нашій державі потрібні спеціалісти, які будуть розробляти і запроваджувати технологічні інновації на різних етапах розвитку інтермодальних перевезень. Необхідно враховувати, що вже змінилися і продовжують змінюватися взаємовідносини користувачів з транспортом. Розрізнені контракти з чисельними транспортними компаніями поступилися системній взаємодії з великими провайдерами транспортних послуг, здатними забезпечити своєчасну доставку за узгодженим графіком. Пунктуальність стала одним із головних критеріїв якості транспортного обслуговування.

---

У ситуації, яка склалася на ринку транспортних послуг, від транспортного оператора вимагається глибоке розуміння і адаптивність до ринкової ситуації, вміння застосовувати гнучкість у процесі транспортного обслуговування і залишатися надійним партнером для всіх клієнтів. Сучасні (і майбутні) транспортні структури не можуть ефективно діяти і керуватися лише формальними процедурами, як це відбувалося раніше. Реальними лідерами транспортного бізнесу майбутнього будуть транспортні компанії, які мають вплив на інших учасників процесу перевезень вантажів і приймають на себе відповідальність за спільний (кінцевий) результат. Компанії, які під час співробітництва з іншими будуть керуватися принципом «співробітництво + конкуренція».

А це означає, що необхідно починати підготовку молодих спеціалістів (бакалаврів, магістрів) з огляду на вищенаведене, враховуючи вимоги сучасного (майбутнього) ринку надання транспортних послуг. Тому, на нашу думку, буде доцільним більше уваги приділяти взаємодії різних видів транспорту під час організації перевезень вантажів і, в першу чергу, автомобільного та залізничного, тому що саме ці види транспорту найбільш розвинуті та популярні на транспортному ринку західного регіону України.

УДК 338.47

## ДО ПИТАННЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ЕФЕКТИВНОГО ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ

### TO THE QUESTIONS OF BUILDING A MODEL OF AN EFFECTIVE SUPPLY CHAIN

**Володимир Товарянський**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007*

*In this paper, it is described that the effectiveness of the supply chain expresses an assessment of its functioning is a measure of the outlined work and is achieved by integrating logistics functions and operations in terms of transport capabilities.*

Ступінь досягнення передбачуваних цілей ланцюга постачання можна визначити як ефекти від його функціонування, а витрати – як кількість ресурсів, що залучаються для досягнення таких цілей. Щодо питань розподілу в ланцюгах постачання, то вхідними елементами вважаються транспортні засоби (з урахуванням їх видів, класифікаційних ознак та функціональних можливостей), які беруть участь у виконанні логістичних операцій, а ефективність від цього виражається за часом виконання завдання та вартістю.

Вивчення розподілу транспортних засобів у ланцюзі постачання має на меті раціональне визначення процесів, що відбуваються в ньому, з метою оцінки ефективності його функціонування [1]. Важливим рішенням у цьому напрямку є створення моделі ланцюга постачання, яка покликана відображати складність і взаємозалежність процесів та явищ, що відбуваються у середовищі ланцюга, а також взаємовідносин із зовнішнім середовищем. Модель оцінки ефективності ланцюга постачання в контексті застосування транспортних засобів, які беруть участь у виконанні логістичних операцій, зводиться до [2]:

- пошуку оптимальних технічних рішень щодо організації процесів постачання, включаючи організацію процесів транспортування та дистрибуції;

- аналізу та оцінювання варіанта технічного та організаційного оснащення (потенціалу) окремих ланок ланцюга постачання, наприклад, кількості транспортних засобів;
- мінімізації тимчасових витрат при доставлянні товарів суб'єктам, які обслуговуються, зокрема підприємствам;
- мінімізації питомих витрат на переміщення вантажів у середовищі ланцюга постачання;
- ефективного використання транспортних засобів за видами та класифікаційними ознаками, що беруть участь в переміщенні вантажів;
- планування змін щодо конфігурації ланцюга постачання (пошук місць розміщення складських приміщень, логістичних центрів тощо);
- планування процесів щодо задоволення конкретних потреб споживачів з урахуванням ресурсів ланцюга постачання;
- забезпечення надійності постачання та мінімізації ризиків.

На рис. 1 наведено запропонований алгоритм побудови моделі оцінювання ефективності ланцюга постачання з точки зору вибору необхідних транспортних засобів для його функціонування.

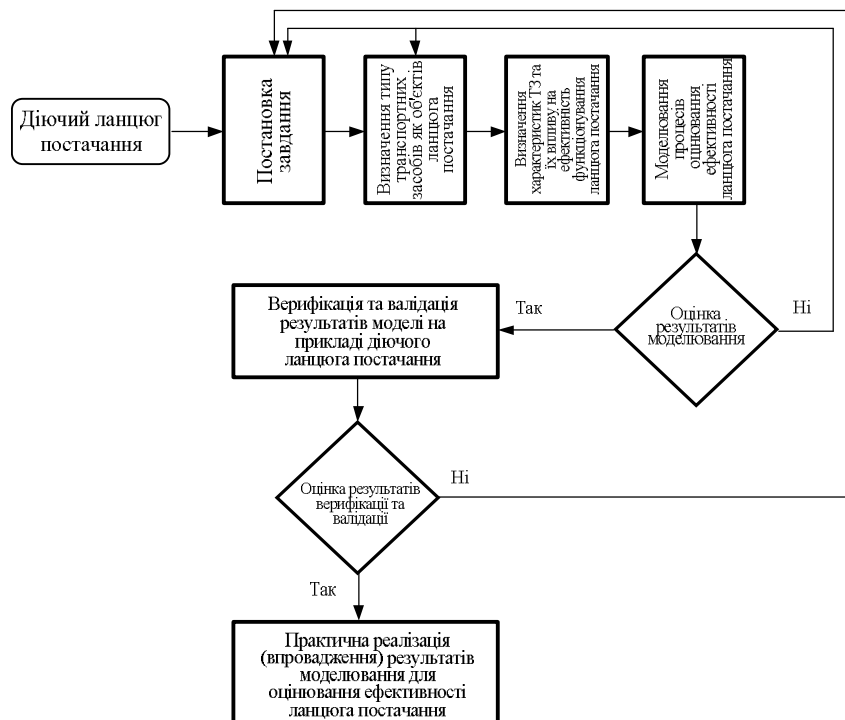


Рис. 1. Алгоритм побудови моделі ефективного ланцюга постачання шляхом вибору необхідних транспортних засобів для його функціонування

Цей алгоритм починається з визначення завдань, які найчастіше спрямовані на зниження витрат на логістичні операції або мінімізацію тривалості доставляння вантажів окремим клієнтам. В цьому випадку потрібно визначити властивості елементів ланцюга постачання, що впливають на його функціонування; масштаби зміни властивостей та характеристик елементів ланцюга постачання; особливості доцільного застосування необхідних транспортних засобів з метою отримання бажаних результатів.

Модель ефективного ланцюга постачання (*MESC*) чисельно можна побудувати з використанням програмного інструментарію, врахувавши зокрема: структуру ланцюга постачання

$S(Sch)$ , сукупність засобів для транспортування та зберігання  $TOT(Sch)$ , фаховий персонал  $HR(Sch)$ , обсяг логістичних операцій  $V(Sch)$ , набір показників для визначення ефективності функціонування ланцюга постачання  $SETSch$ , та представивши у вигляді виразу:

$$(MESC) = \langle S(Sch), TOT(Sch), HR(Sch), V(Sch), SETSch : Sch \in Sch \rangle \quad (1)$$

Результати, отримані згідно з моделлю оцінювання, дають змогу обрати необхідний варіант ланцюга постачання, враховуючи тривалість доставки та інші чинники. При виборі рішення також можна враховувати гнучкість виразу (1), зіставляючи показники ефективності, коефіцієнт використання потужності транспортного засобу або характеристики місткості транспортних засобів.

### Література

1. Jacyna-Golda I. et al. *The assessment of supply chain effectiveness* //Archives of Transport. – 2018. – Т. 45. – №. 1. – С. 43-52.
2. Ali Z., Gongbing B., Mehreen A. *Predicting supply chain effectiveness through supply chain finance: evidence from small and medium enterprises* //The International Journal of Logistics Management. – 2019. – Т. 30. – №. 2. – С. 488-505.

УДК 656.025.6

## ЗМІНА ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ТА ПАСАЖИРІВ, ЯК НАСЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

### CHANGE OF CARGO AND PASSENGER TRANSPORT VOLUMES, AS THE CONSEQUENCE OF MILITARY AGGRESSION

Вікторія Карашук

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*The article identified the main factors that affect the demand for transport services. The analysis and comparison of the volumes of transported goods and the number of transported passengers for all modes of transport, taking into account the factor of military aggression, has been carried out.*

Як відомо, попит на транспортні послуги зумовлюється багатьма чинниками. Обсяги вантажних перевезень залежать від розвитку та обсягів промислового виробництва (видобувної галузі, роботи підприємств металургії, машинобудування, підприємств хімічної промисловості, аграрного сектору); стану політики та економіки держави; впливом зовнішньо-економічних чинників. На попит пасажирських перевезень впливає рівень доходів населення, якість транспортних послуг, безпека перевезень, час перевезень, комфортабельність транспортних засобів та багато інших. У 2022 році основним чинником скорочення перевезень всіма видами транспорту країни стала військова агресія.

У результаті військової агресії в нашій країні постраждали багато різних галузей виробництва. Через військові дії, окупацію частини територій припинили свою роботу багато підприємств у різних галузях промисловості, деякі підприємства та організації вимушені були переїхати до інших регіонів країни, транспортна інфраструктура залізничного та автомобільного транспорту була пошкоджена та знищена, повністю була припинена робота

авіаційного та морського транспорту всі ці чинники вплинули на функціонування транспортної галузі. Значно скоротилися обсяги перевезень, як вантажів, так і пасажирів.

Так, за даними служби статистики України [1] за перше півріччя 2022 року обсяги перевезень вантажів за всіма видами транспорту склали 171,7 млн. т, що на 116,2 млн. т (59,6%) менше, ніж у 2021 році та на 103,7 млн. т (62,3%) у 2020 році.

Динаміка обсягів перевезень вантажів в Україні за всіма видами транспорту за перше півріччя 2020-2022 років наведена на рис.1. Значне скорочення обсягів перевезень спостерігається у березні 2022 року обсяги перевезень скоротилися на 28,6 млн. т порівняно з 2021 роком та на 28,9 млн. т. у 2020 році. Найнижчий обсяг перевезень вантажів у квітні 2022 року 20,2 млн. т., що менше рівня 2021 року на 40% та 2020 на 45,5%.

Дуже складна ситуація з пасажирськими перевезеннями. На рис. 2. наведено динаміку кількості перевезених пасажирів в Україні за всіма видами транспорту за перше півріччя 2020-2022 років. За перше півріччя 2022 року кількість перевезених пасажирів за всіма видами транспорту склали 731,5 млн. пас, що на 531,5 млн. пас (58%) менше ніж у 2021 році та на 480,6 млн. пас. (60%) у 2020 році.

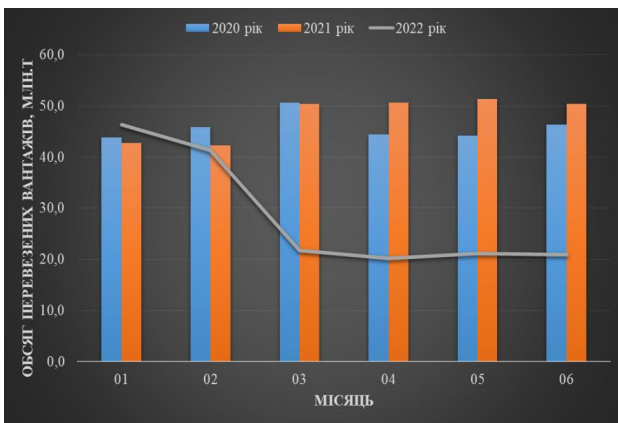


Рис.1. Динаміка обсягів перевезень вантажів в Україні за всіма видами транспорту (перше півріччя 2020-2022 рр.)

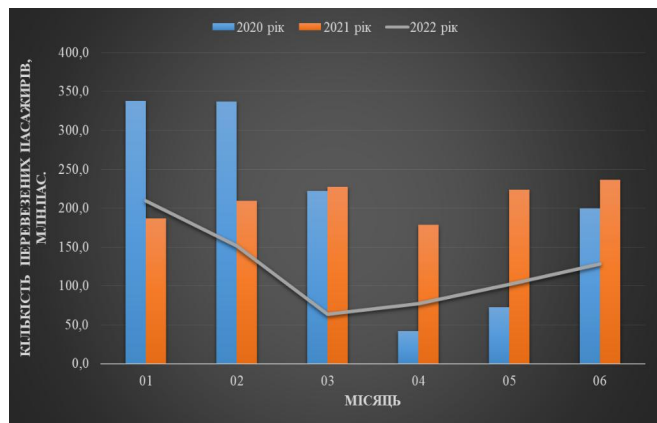


Рис.2. Динаміка кількості перевезених пасажирів в Україні за всіма видами транспорту (перше півріччя 2020-2022 рр.)

Найбільше скорочення обсягів пасажирських перевезень спостерігається у березні 2022 року 63,6 млн. пас., що менше аналогічного періоду 2021 року на 28% та 2020 року на 28,7%. Також у 2020 році спостерігається скорочення обсягів пасажирських перевезень з березня місяця, що було зумовлено поширенням обмежень пов'язаних з розповсюдженням вірусної хвороби Covid-19.

Враховуючи наведене з початком повномасштабної військової агресії в Україні відбулося скорочення обсягів перевезень як вантажів, так і пасажирів в середньому на 60%.

Відновлення обсягів перевезень вантажів та пасажирів потрібно очікувати після припинення всіх військових дій на території країни та поновлення роботи підприємств промисловості. Наприкінці 2022 року та на початку 2023 року активізувалися пасажирські міжнародні перевезення, пов'язані з міграцією населення. Задіяно велику кількість міжнародних маршрутів як залізничним транспортом, так і автомобільним. В подальшому, перспективними напрямками розвитку транспортної галузі будуть проекти, тісно пов'язані з міжнародним партнерством країн Європейського Союзу.

## Література

1. Державна служба статистики України. «Економічна статистика/ Економічна діяльність / Транспорт»: веб-сайт URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 14.03.2023 р.)

УДК 656.025

## ОСОБЛИВОСТІ ПАСАЖИРОПОТОКУ ЧЕРЕЗ ДЕРЖКОРДОН ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

FEATURES OF PASSENGER FLOW ACROSS THE BORDER OF LVIV REGION

**Вікторія Михайляк, Микола Жук**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The ongoing war in Ukraine affects the volume and distribution of passenger traffic in the Lviv region. An analysis of the structure of passenger traffic for the first months of 2023 was carried out.*

Повномасштабне вторгнення, яке здійснила росія на територію України 24 лютого 2022 року, змусило мільйони людей покинути свої домівки та евакуюватися в безпечніші регіони нашої держави або країни Європи. Згідно з інформацією уповноваженого ВР з прав людини станом на кінець 2022 року до країн Європи виїхало понад 11,7 млн осіб, з них більше 8 млн – до Польщі. Найінтенсивнішим був потік евакуації – процесу виведення населення з території загрози, війни, катастрофи – в перші місяці війни. Проте військові дії тривають, а з ними триває і процес евакуації. На захід України кожного дня вирушають евакуаційні потяги з Дніпра, Донбасу, Харкова, Херсону та інших міст. Щодо виїзду за кордон, то в травні 2022 р. Укрзалізниця завершила програму евакуаційних поїздів через суттєве зменшення кількості пасажирів, проте збільшилася кількість комерційних рейсів.

Для оцінки сучасної ситуації проведено збір та аналіз даних, які щодня публікує Львівська обласна військова адміністрація, щодо руху пасажиропотоку через Львівську область з початку 2023 року (01.01.2023 – 04.03.2023) [1]. Фрагмент інформації подано в табл. 1. Потрібно відзначити, що дані щодо перетину пунктів пропуску на виїзд містять в собі не тільки пасажирів, які перетнули кордон з метою евакуації, але й волонтерів, поїздки з робочою чи особистою метою тощо.

На рис. 1 наведено діаграму кількості людей, які виїхали через кордон Львівщини (з розбивкою на тижні). Графік зміни кількості людей, які виїхали поїздами до Польщі протягом розглядуваного періоду, подано на рис. 2.

*Таблиця 1*

**Пасажиропотік через кордон Львівської області**

Дата	01.01	02.01	03.01	04.01	05.01	06.01	07.01	08.01
Перетнули пункти пропуску на виїзд, ос	10777	7438	17216	24764	21866	19125	17529	18634
Виїхали в Польщу поїздами, ос	501	510	498	495	502	505	508	500
Прибули у Львів евакуаційними поїздами, ос	66	10	35	61	60	30	70	50

Як видно з рис. 1, середньотижневий обсяг пасажиропотоку коливається в межах 117,5 тис. осіб. Найбільший стрибок спостерігався протягом другого тижня січня – на 31% відносно середнього значення за розглядуваний період. Частка пасажиропотоку залізницею є порівняно незначною. Згідно досліджень, проведених авторами [2], залізниця більше зусиль зосереджує на перевезенні вантажопотоків, в тому числі і гуманітарних.

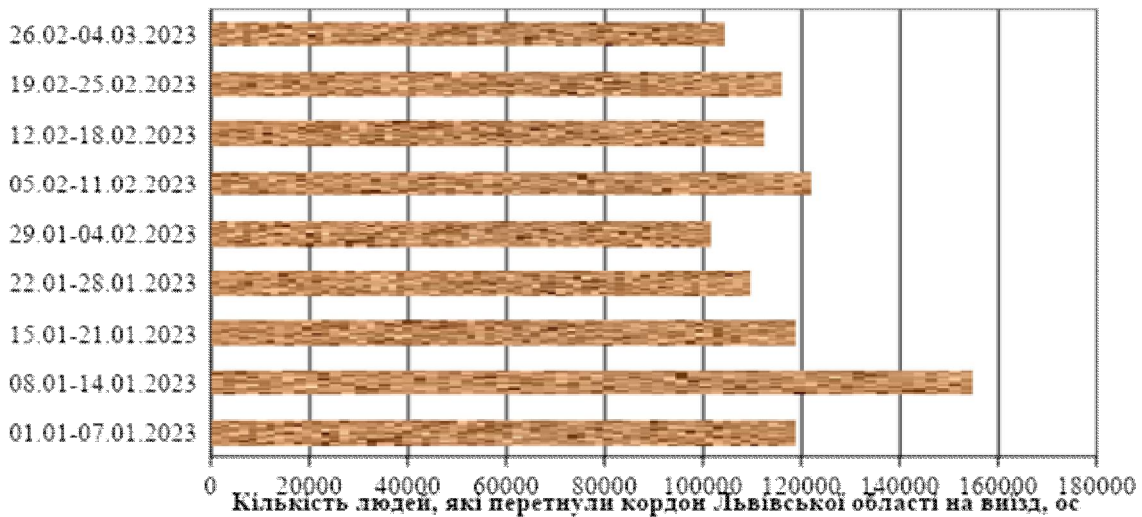


Рис. 1. Обсяг пасажиропотоку через кордон Львівської області, пас/тиждень

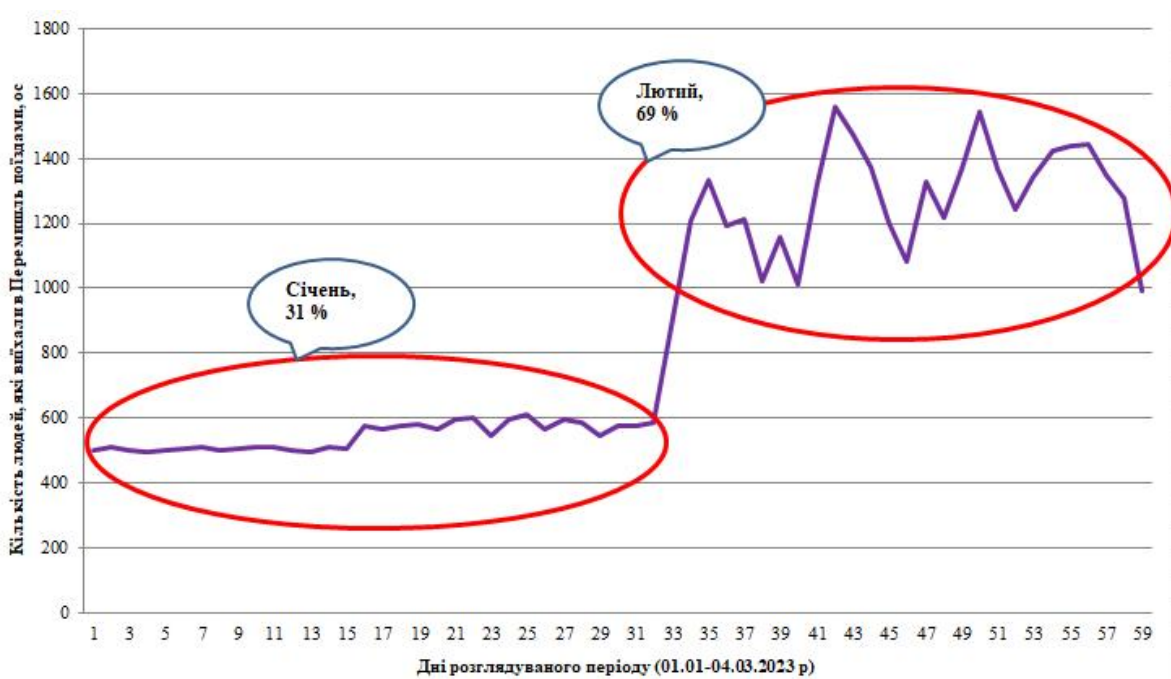


Рис. 2. Зміна обсягу евакуаційного пасажиропотоку до Польщі залізницею, пас/день

Щодо прибуття евакуаційного потоку у Львів, то медіанне значення становить 71 пас/день, проте інтенсивність нерівномірна: середнє квадратичне відхилення становить 28 ос/день. Деяко нижчі відносно середнього значення евакуаційного пасажиропотоку спостерігалися в перші два тижні січня (350 пас/тиждень), пік – в другий тиждень лютого (740 пас/тиждень). Порівняно з першими тижнями війни евакуаційний пасажиропотік суттєво зменшився: станом на 01.03.2022 р. Львівщина прийняла близько 40 тис ВПО, за період 02.03-08.03.2022 р – ще 80 тис.

### Література

1. Львівська обласна військова адміністрація: <https://loda.gov.ua/allNews>.
2. Павленко, О. І., Павленко, І. П. (2022). Роль залізничного транспорту в евакуації населення в період воєнних дій в Україні. *Транспортні системи та технології перевезень*, (23), 74-74



УДК 656.13

## АНАЛІЗ СТАНУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ ЗА 2022 РІК

### ANALYSIS OF FREIGHT TRANSPORTATION IN UKRAINE IN 2022

Романа Бура, Захар Садовий, Маргарита Федорович

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*The paper provides the analysis of freight transportation by different modes of transport in Ukraine in 2022 after the beginning of the armed aggression of the russian federation.*

Збройна агресія російської федерації та початок повномасштабної війни викликав низку катастрофічних наслідків для української економіки, що, у свою чергу, повпливало і на ринок перевезень. Значна територія України опинилася в окупації, відповідно, велика кількість підприємств були або ліквідовані, або знищені внаслідок воєнних дій. Найбільше постраждали підприємства північно-східної, східної та південної частини України. Також, на цих територіях стали складними або неможливими перевезення вантажів різними видами транспорту через знищену інфраструктуру. Так, за даними [1], станом на травень 2022 року пошкоджено 6,3 тис. км залізничної мережі та понад 23 тис. км автомобільних доріг, зруйновано 41 залізничний та 300 автомобільних мостів, окуповано 4 морських порти, інфраструктура 12 з 19 цивільних аеропортів України була зруйнована внаслідок артилерійських та ракетних обстрілів країною-агресором. Проте, через окупацію частини території України, повний обсяг руйнувань оцінити наразі неможливо.

Державна служба статистики України подає такі дані щодо обсягів вантажних перевезень за дев'ять місяців відповідно 2021 та 2022 року (рис. 1) [2].

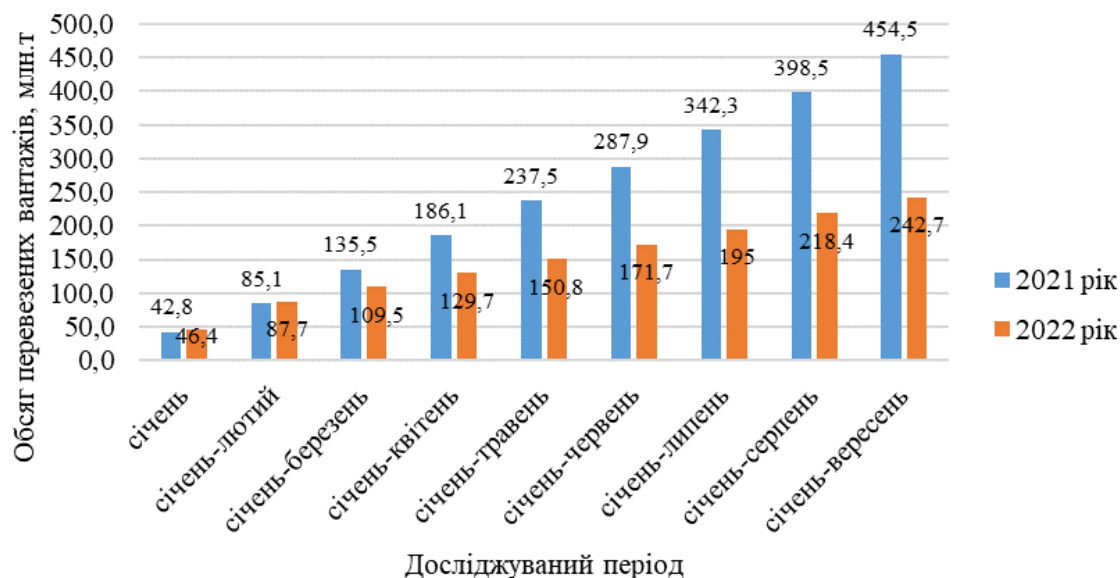


Рис. 1. Обсяги вантажних перевезень (з січня по вересень відповідно 2021 та 2022 р.) [2]

Як бачимо станом на лютий 2022 року спостерігалось зростання обсягів перевезень вантажів порівняно з попереднім роком на 3%, а після початку війни обсяги перевезень

почали зменшуватися, і в вересні 2022 року ця різниця становила -53,4% порівняно з вересневими показниками попереднього періоду.

На рис. 2 наведено зменшення обсягів перевезення різними видами транспорту у 2022 році порівняно з 2021 роком [3].

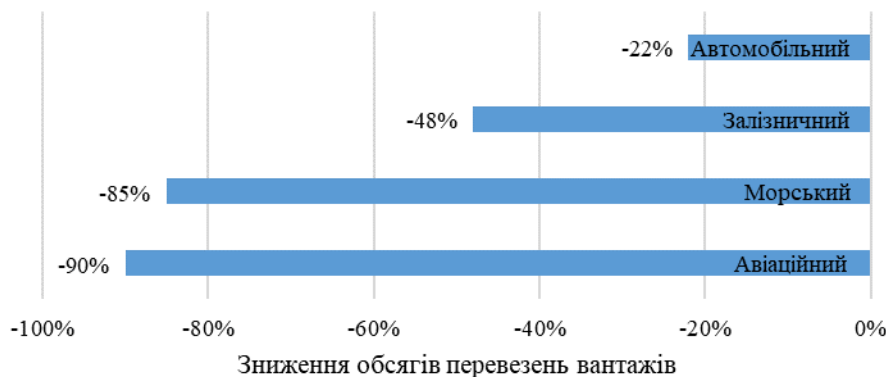


Рис. 2. Зменшення обсягів перевезення різними видами транспорту у 2022 році порівняно з 2021 роком [3]

Авіаційний транспорт зазнав найбільших збитків, оскільки після 24 лютого 2022 року повітряний простір України закритий для цивільної авіації.

Щодо морського транспорту, то тут через закриття багатьох морських портів у зв'язку з окупацією територій, на яких вони знаходяться, в період з березня до серпня спостерігалось значне зниження обсягів вантажних перевезень (до прикладу, 0,9 млн. т вантажів перевезено у березні, у той час як залізничним та автомобільним транспортом – 5,2 млн. т), і лише після узгодження так званої «Чорноморської зернової ініціативи» обсяги перевезень збільшилися (5,2 – 5,8 млн. т в місяць). При цьому функціонують лише порти в Дунайському регіоні та Одесі [4].

Залізничний транспорт після початку війни зосередив свою увагу на евакуації людей з зон активних бойових дій, а також перевезенні гуманітарних вантажів та товарів військового призначення. Оскільки залізничні перевезення до війни в основному зосереджувалися на перевезенні корисних копалин та продукції сільського господарства, а основна частка підприємств, які займалися виготовленням або видобутком цих видів продукції, зазнали руйнувань або опинилися в окупації, то обсяги перевезень вантажів залізничним транспортом в промислових цілях значно зменшилися. Найбільшого скорочення зазнали внутрішні перевезення – -46% порівняно з 2021 роком [5].

Автомобільний транспорт, з огляду на його особливості, зазнав найменшої шкоди – лише на 22% зменшився обсяг вантажних перевезень цим видом транспорту у 2022 році порівняно з попереднім роком.

Незважаючи на вкрай негативні показники обсягів вантажних перевезень у 2022 році, ряд експертів прогнозує їх зростання у 2023 році.

### Література

1. Проект плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kmi.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf>
2. Державна служба статистики України. Економічна статистика / Економічна діяльність / Транспорт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

3. Ринок вантажних перевезень у 2022 році [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://trademaster.ua/articles/313620>

4. Національний інститут стратегічних досліджень. Роль наземного транспорту у стійкості міжнародних перевезень вантажів в умовах війни з РФ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/rol-nazemnoho-transportu-u-stiykosti-mizhnarodnykh-perevezen-vantazhiv-v>

5. Національний інститут стратегічних досліджень. Підсумки роботи залізничного транспорту України у 2022 році [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidsumky-roboty-zaliznychnoho-transportu-ukrayiny-u-2022-r>

**УДК 656.078**

## **МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ МІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

### **METHODOLOGY OF OPERATIONAL PLANNING OF CITY CARGO TRANSPORTATION**

**Дмитро Борисюк**

*Вінницький національний технічний університет,  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021*

*The efficiency of the cargo transportation process in the conditions of the city, that is, in the conditions of small transport systems, depends on many factors, as a result of which vehicles are idle while waiting for loading and unloading at cargo points.*

*A method of operational planning of cargo transportation in small transport systems, which allows taking into account the unevenness of the operation of vehicles is proposed in the work.*

Основне завдання вантажних автотранспортних підприємств полягає в задоволенні потреб у перевезеннях вантажів відповідно до укладених угод або заявок на перевезення. Числові значення обсягів перевезень, які зазначено в цих угодах або заявках на перевезення, формують оперативний план перевезень автотранспортних підприємств.

Оперативний план перевезень є важливим документом системи оперативного планування, у якому відображається весь план перевезень автотранспортного підприємства на календарну добу. Він складається з урахуванням чинників, що впливають на виробіток автомобілів та є основою для розробки графіка випуску рухомого складу на лінію [1].

Важливим завданням на сьогодні є забезпечення виконання плану перевезень вантажів в умовах міста з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів за рахунок вдосконалення системи оперативного планування перевезень. У зв'язку з цим, вдосконалення методики оперативного планування перевезень вантажів в умовах міст з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів є актуальним науковим завданням.

Перед початком виконання поставлених завдань потрібно уточнити поняття нерівномірності роботи автомобілів. Тому далі під нерівномірністю роботи автомобілів будемо розуміти відхилення виробітку в тоннах і тонно-кілометрах, яка щодня виникає залежно від впливу таких чинників, як середня технічна швидкість та тривалість простою під навантаженням-розвантаженням.

Розглянемо малі транспортні системи, де працює група транспортних засобів, які перевозять вантажі у міських умовах експлуатації. Мала транспортна система – це

сукупність пунктів навантаження та розвантаження, транспортних зв'язків між ними та автомобілів, які здійснюють перевезення вантажів. При цьому схемою перевезень вантажів в такій транспортній системі є маятникові та кільцеві маршрути.

Мала транспортна система може перебувати у насиченому і ненасиченому стані. Під насиченою системою треба розуміти таку, у якій пропускна спроможність навантажувальних і розвантажувальних пунктів забезпечується певною групою автомобілів, та додавання до такої системи ще одного автомобіля (автопоїзда), що в кінцевому результаті призводить до утворення черг транспортних засобів на обслуговування в одному з вантажопереробних пунктів. Ненасичена система така, де можливості навантажувальних та розвантажувальних пунктів і потреби системи в обсягах перевезень перевищують сумарний виробіток автомобілів, які виконують доставку вантажів у системі у заданий момент часу. І якщо до такої системи додати ще один автомобіль, то це не викличе утворення черги транспортних засобів. Для них характерна властивість: інтервал руху більший за ритм виконання навантажувальних або розвантажувальних робіт [1].

Наведемо алгоритм моделі перевезень вантажів з урахуванням нерівномірності роботи автомобілів у малій транспортній системі в умовах міста (рис. 1).

У блоці 1 виконується введення початкових даних відповідно до заявки (договору) на перевезення вантажу. До вихідних даних відноситься потреба в перевезеннях, виражена в тоннах або тонно-кілометрах, а також розташування вантажовідправника і вантажоодержувача, характеристики вантажу та інша вхідна інформація.

У блоці 2 виконується проектування маршруту перевезень. Як зазначалось вище, у міських вантажних перевезеннях використовуються маятникові або кільцеві маршрути різних типів.

Для виконання моделювання процесу перевезень у блоці 3 виконується формування масиву вихідних даних. До них відносяться:

- схема маршруту перевезення та його характеристики (довжина пробігу з вантажем і без вантажу, холостий пробіг та інші);
- тривалість роботи рухомого складу, год;
- вантажність та коефіцієнт використання вантажності  $i$ -го транспортного засобу, т;
- попередньо визначена кількість транспортних засобів, необхідна для виконання перевезень (розрахована за традиційною методикою);
- кількість постів навантаження і розвантаження в пунктах завантаження та розвантаження, од.;
- середня тривалість навантаження  $i$ -го транспортного засобу та її відхилення, год.;
- середня тривалість розвантаження  $i$ -го транспортного засобу та її відхилення, год.;
- середньотехнічна швидкість  $i$ -го транспортного засобу та її відхилення, км/год.

Далі в блоках 4–15 моделюються перевезення у малій транспортній системі. Так, у блоці 4 відбувається задання номера транспортного засобу  $i$  та номера їздки  $j$ . У блоці 5, відповідно до процедури визначення випадкових величин за нормальним законом розподілу, задаються значення середньої технічної швидкості та тривалості простою під завантаженням і розвантаженням для  $i$ -го транспортного засобу при виконанні  $j$ -ї їздки.

У блоці 6 виконується розрахунок тривалості руху з вантажем, без вантажу та обороту  $i$ -го транспортного засобу при виконанні  $j$ -ї їздки. Далі у блоці 7 визначаються інтервали руху транспортного засобу та ритм роботи малої транспортної системи (як максимум ритмів виконання завантаження і розвантаження транспортного засобу). Розрахунки вказаних показників наведено в роботі [2].

У блоці 8 перевіряється насиченість транспортної системи. Якщо система є насиченою, тобто інтервал руху менший ритму, з'являється тривалість очікування, а моделювання

переходить до блоку 9. Якщо система є ненасиченою, тобто інтервал більший або рівний ритму, то здійснюється перехід до блоку 11.

Для насиченої транспортної системи в блоках 9–10 виконуються розрахунки тривалості очікування на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт та повної тривалості обороту з урахуванням очікування [2].

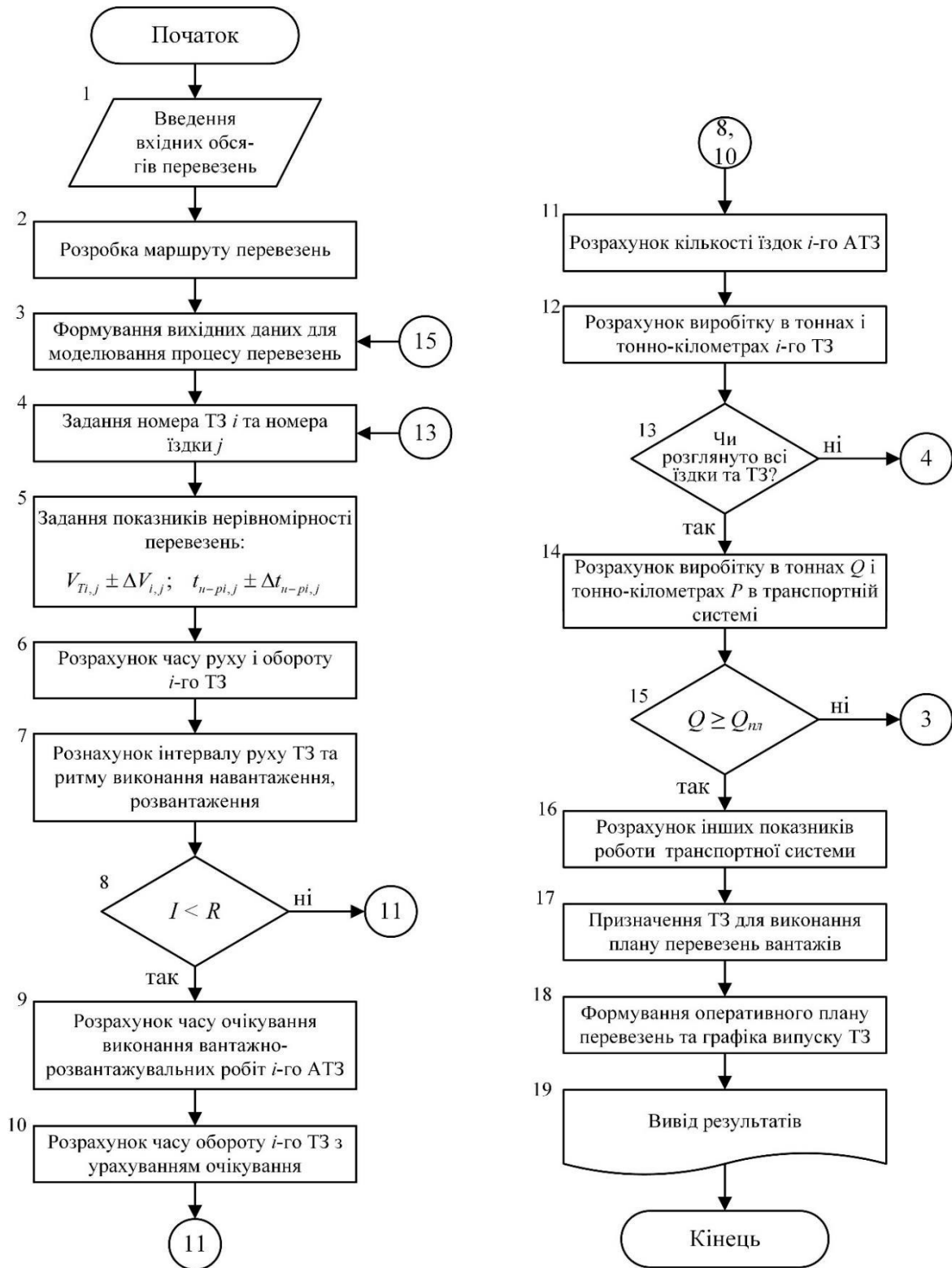


Рис. 1. Методика оперативного планування перевезень вантажів в умовах міст

У 11 визначається кількість їздок для  $i$ -го транспортного засобу. Розрахунки вказаних показників наведено в роботі [2]. Далі у блоці 12 виконуються розрахунки виробітку у тоннах і тонно-кілометрах  $i$ -го транспортного засобу.

Логічний оператор 13 виконує перевірку умови завершення моделювання роботи транспортної системи. Якщо змодельована робота всіх транспортних засобів за усіма їздками, то управління передається до блоку 14, якщо ж ні, то управління повертається до блоку 4 та продовжується моделювання роботи малої транспортної системи за наступним етапом циклу.

У блоці 14 визначається виробіток в тоннах і тонно-кілометрах у малій транспортній системі, який є сумою фактично можливих виробітків у тоннах і тонно-кілометрах. Розрахунки вказаних показників представлено в роботі [2].

Блок 15 виконує перевірку умови виконання планового обсягу перевезень. Якщо виконується умова, за якої обсяг перевезень  $Q$  більший або дорівнює обсягу перевезень за замовленням (договором)  $Q_{пл}$ , управління передається до блоку 16. В іншому разі необхідно виконати аналіз отриманих даних та внести коректування до вихідних даних, управління передається до блоку 3.

У блоці 16 виконується розрахунок загального пробігу та тривалості в наряді у малій транспортній системі.

У блоці 17 відділом експлуатації автотранспортного підприємства виконується підбір технічно справних транспортних засобів для виконання плану перевезень. У блоці 18 відбувається формування остаточного оперативного плану перевезень з формуванням графіка випуску автомобілів на лінію. Також у цьому блоці відбувається оформлення потрібної документації для випуску автомобілів на лінію.

Блок 19 виводить на (друк) результатів оперативного планування перевезень та транспортної документації. Завдання на перевезення вантажів із необхідною для перевезень документацією видається диспетчером водієві перед виїздом транспортного засобу на лінію.

Реалізація наведеної методики оперативного планування перевезень вантажів в міських умовах потребує від автотранспортного підприємства проведення натурних статистичних досліджень середньої технічної швидкості та тривалості простою під навантаженням та розвантаженням. Проте, таке дослідження в умовах одного міста можна провести одноразово та в подальшому використовувати при плануванні всіх аналогічних маршрутів.

### **Література**

1. Дмитриченко М.Ф. *Основи теорії транспортних процесів і систем* / М.Ф. Дмитриченко, Л.Ю. Яцківський, С.В. Ширяєва, В.З. Докуніхін. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. – 336 с.
2. Огневий В.О. *Вдосконалення методики оперативного планування міських вантажних перевезень* / В.О. Огневий, Є. В. Смирнов, Д. В. Борисюк // *Вісник машинобудування та транспорту*, №2(16), 2022. – С. 81-87.

УДК 656.073

## ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ЕКОНОМІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

INFLUENCE OF OPTIMIZATION OF TRANSPORT FLOWS ON THE ECONOMIC  
EFFICIENCY OF LOGISTICS CHAINS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Марина Хара<sup>1</sup>, Ірина Ніколаєнко<sup>2</sup>, Віталій Сосновский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
м. Дніпро, вул. Гоголя, 29, 49000

<sup>2</sup> Національний авіаційний університет, пр.Любомира Гузара, 1, Київ, 03058

*The logistic approach in the transportation process allows to ensure the acceleration and continuity of the advancement of material flows.*

Активне залучення українських підприємств у глобальні ланцюги поставок, вихід вітчизняних виробників на світові ринки, пандемія, наслідки військових дій тощо привели менеджмент промислових підприємств до необхідності звернути увагу на логістику свого бізнесу, на організацію логістичних процесів (закупівель, виробництва, розподілу) [1].

Управління процесами логістики має на меті підвищення ефективності логістичних систем. У досягненні цієї мети велике значення приділяється плануванню, обліку та скорочення транспортно-логістичних витрат. Частка цих витрат у загальних витратах на виробництво продукції значна і коливається, наприклад, у металургії – до 30% [2].

Ефективне функціонування промислових підприємств залежить від системного управління товарорухом у ланцюжках постачальник-виробник-споживач, оптимізованих по матеріальному, інформаційному, фінансовому потоках з метою проектування певного набору логістичних функцій та витрат.

Наприклад, виробнича логістика металургійного підприємства відповідає за проектування, формування та оптимізацію розподільчих систем всередині підприємства та їх ефективне використання при управлінні потоками сировини (агломерат, кокс), чавуну та сталі, та готової продукції (сляби, труби, лист тощо) у внутрішньому середовищі промислового підприємства. Зв'язуючи між собою виробництво та збут, система управління ланцюгами поставок повинна гнучко підлаштовуватися під стратегію підприємства та адаптуватися до існуючої економічної моделі. Висока частка витрат на логістику в кінцевій ціні товару показує, які резерви покращення економічних показників містяться в оптимізації керування транспортними потоками.

Логістичний підхід у перевізному процесі дозволяє забезпечити прискорення та безперервність просування матеріальних потоків, значно скоротити всі види запасів продукції у виробництві, постачанні, збуті та торгівлі, зменшити вартість оборотних засобів та маси вантажів, що перебувають у дорозі. Дає можливість знизити в середньому на 30% собівартість продукції та витрати на дистрибуції, пов'язані з переміщенням матеріальних, транспортних та супутніх потоків від місць виробництва.

Матеріальний потік під час свого руху від постачальників вихідних ресурсів до споживачів готової продукції проходить три стадії: закупівельну, виробничу та збутову [3].

Витрати у транспортно-логістичній системі діляться на три групи. Витрати у процесі постачання та підтримки запасів; витрати, пов'язані з організацією матеріальних потоків усередині підприємства (внутрішньовиробниче транспортування, проміжне зберігання, зберігання готової продукції); витрати, що здійснюються під час реалізації продукції.

Транспортно-логістичні процеси мають складну виробничу та товарну структуру, особливо на великих промислових підприємствах, що вимагають забезпечення широким асортиментом сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих та зовнішніми послугами. Важливу роль в русі матеріального потоку відіграє закупівельна стадія, оскільки на закупівлю припадає значна частка витрат підприємства. Так, підприємства металургії близько 45% витрачають на закупівлю матеріалів. Тому закупівельна діяльність відповідає за більшу частину витрат підприємства, і навіть відносно невеликі покращення у цій галузі можуть принести суттєві вигоди.

Можна відзначити, що промисловий транспорт на металургійних підприємствах є не лише засобом переміщення вантажів, а й засобом виробництва, який організує роботу підприємства у заданому ритмі. Витрати на підтримку транспортного господарства на металургійних підприємствах становлять 15-30% від суми всіх непрямих витрат у собівартості продукції. Тому логістика транспортування предмета праці веде до скорочення тривалості виробничого циклу та є важливим засобом економії транспортних витрат. У зв'язку з цим можна припустити, що скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення продукції можна досягти шляхом підвищення рівня раціональної організації системи транспортних послуг. Розподільна діяльність для підприємства також вимагає істотних витрат для забезпечення процесу розподілу наявних запасів готової продукції споживачам. Як додаткові передумови для скорочення тимчасових і фінансових витрат, що зв'язані з товарорухом, можна назвати такі два чинники оптимізації транспортно-логістичних витрат: ускладнення системи ринкових відносин та підвищення вимог до якісних характеристик процесу постачання і розподілу, створення гнучких виробничих систем.

Аналіз закордонного досвіду показує, що значна частка економічного ефекту досягається за рахунок скорочення запасів на всьому шляху руху матеріального потоку. Моніторинг матеріального потоку забезпечує за даними Європейської промислової асоціації скорочення матеріальних запасів на 30-70%, а за даними промислової асоціації США – у межах 30-50%. Скорочення запасів під час використання логістики забезпечується з допомогою високого ступеня узгодженості дій учасників транспортно-логістичних процесів, підвищення надійності поставок, раціональності розподілу запасів [4]. Оптимальною транспортно-логістичною системою є така сукупність об'єктів та суб'єктів транспортної і логістичної інфраструктури разом з матеріальними, фінансовими та інформаційними потоками між ними, що забезпечує максимальний економічний ефект при достатньому рівні надійності та якості послуг у рамках наявних ресурсних обмежень, що виникають при виконанні функції транспортування, зберігання, розподілу товарів, а також інформаційного та правового супроводу товарних потоків. Критерієм оптимальності логістичних процесів є прибуток підприємства, який дає кількісну оцінку діяльності підприємства. Одним із критеріїв оптимізації транспортних потоків у логістичним ланцюгах промислових підприємств може бути застосування показника мінімуму наведених сукупних витрат.

### **Література**

1. Хара, М. В. *Технології забезпечення логістичних процесів у транспортних системах підприємств [Електронний ресурс] / М. В. Хара // Наука та виробництво: зб. наук. праць / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2017. – Вип. 17. – С. 18–24.*



2. Хара, М. В. Управління ланцюгами постачання та мережами / М. В. Хара, І. В. Ніколаєнко // Інжиніринг криз та ризиків транспортних послуг: колективна монографія / В. М. Самсонкін [та ін.]. – Київ, 2021. – Розділ 3. – С. 74–100.

3. Крикавський, Є.В. Промислові ланцюги постачання: між ефективністю та відповідальністю / Є.В. Крикавський // Актуальні проблеми економіки. – 2016. – № 5. – С. 30-41. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape\\_2016\\_5\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2016_5_5)

4. Чухрай, Н. Формування ланцюга поставок: питання теорії та практики: монографія / Н. Чухрай, О. Гірна – Львів: “Інтелект-Захід”, 2007. – 232 с.

**УДК 656.073**

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

### **ENERGY EFFICIENCY IN TRANSPORTATION TECHNOLOGIES IN MAINTENANCE OF PRODUCTION FACILITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**Ганна Маслак, Олександр Красулін**

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*The paper presents a brief analysis of operational indicators of the use of the locomotive fleet at industrial enterprises. As an energy-efficient transport technology for the maintenance of production workshops, the use of a locotractor of domestic production is proposed*

В даний час Україна налічує понад 75 % підприємств різних галузей промисловості та АПК, які мають обсяг перевезень до 0,5 млн. т в рік, а, отже, і обмежений вагонопотік до 25-30 вагонів на добу. Разом з цим вони мають парк локомотивів, що становить 2-3 одиниці. Крім того, на металургійних підприємствах є велика кількість відокремлених виробничих об'єктів і транспортно-вантажних складських комплексів з аналогічним обсягом транспортної роботи. В умовах перерахованих підприємств застосовуються, як правило, традиційні транспортні технології з використанням тепловозів потужністю 750-1200 к.с. і зчіпною масою до 90 т, що призводить до високих транспортних витрат, більшу частину яких (до 70 %) становлять витрати на дизельне паливо. Причиною таких витрат є вкрай неефективне використання за потужністю (16-20%), масою (15-18 %) та часом (20-28%), і у підсумку характеризуються вкрай низькою продуктивністю (в 12-15 разів нижче середньої по металургійних комбінатах) [1].

Основною причиною такого положення є те, що протягом тривалого часу парк локомотивів підприємств налічує безліч різних модифікацій. Їх можна розділити за потужністю силової установки на три основні групи: великої потужності 1200 к.с. і вище; середньої 750-1000 к.с.; малої до 500 к.с. Упродовж усього періоду використання локомотивного парку на промислових підприємствах нерозривно пов'язане з нарощуванням питомої потужності тепловозного парку. На рис. 1 наведено зміну питомої потужності тепловозів в структурі промислових підприємств.

Наведені дані показують, що на транспорті підприємств важких галузей промисловості, в першу чергу в чорній і кольоровій металургії проводилася цілеспрямована технічна політика з нарощування потужностей тепловозного парку [2]. Так, за розглянутий період питома потужність тепловозів зростає тут в середньому на 15-25%, а на окремих підприємствах майже в 1,4 рази. Це становище призвело до того, що за досить різної продуктивності локомотивів витрати на тягу поїздів виявляються значними і досить близькими для підприємств з різною виробничою потужністю. Під час їх обслуговування комплекс витрат на експлуатацію і обслуговування тепловозів при переробці обмеженого вагонопотоку формується з собівартості локомотиво-години роботи та простою і включає витрати на зарплату, амортизацію та витрати на паливно-мастильні матеріали.

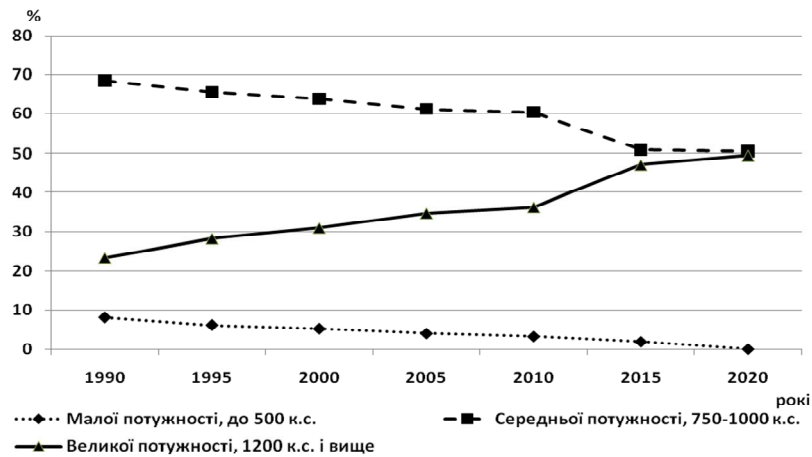


Рис. 1. Зміна питомої потужності тепловозів в структурі промислових підприємств

Аналіз транспортного обслуговування промислових підприємств дозволив провести порівняльну оцінку використання тепловозів за обсягів перевезень, характерних для основного виробництва і перевезень, виконаних на локальних ділянках. У табл. 1 наведено порівняльні техніко-економічні показники по різних підприємствах.

Таблиця 1

#### Порівняльні техніко-економічні показники

№ з/п	Стаття витрат	од. вимір.	Підприємства		
			Підприємства промислового залізничного транспорту	Машинобудівні об'єднання	Металургійні комбінати
1	Витрати на ПММ (в т. ч. дизпаливо)	тис. грн.	73,56	61789,884	18346,644
2	Загальні витрати	тис. грн.	501,17	372466,64	72699,576
3	Частка витрат на енергоносії	%	14,68	16,59	25,24

У загальних витратах на перевезення визначальними є енергоресурси, що витрачаються тяговими засобами (до 30 %). Одним із напрямків зменшення зазначених витрат є заміна на транспортному обслуговуванні розглянутих підприємств потужних тепловозів на економічніші тягові засоби. Вирішення цієї проблеми пов'язане з потребою впровадження у транспортний процес тягових засобів на базі колісних тракторів або самохідних шасі на комбінованому ході. Це істотно підвищить ефективність їх використання за рахунок утворення тягового зусилля та інших параметрів відповідно до конкретних експлуатаційних умов, а також

можливість різночасового застосування такого тягового засобу на залізничних і автомобільних перевезеннях.

У Приазовському державному технічному університеті було розроблено енергозберігаючу транспортну технологію для обслуговування різних промислових підприємств. Для її реалізації у 2007 році був створений спільно з ТОВ «Виробничо-комерційна фірма «Азовмашпром» і Харківським тракторним заводом маневровий тягач ТМ 1.175 на базі колісного трактора ХТЗ-150К-09 на комбінованому ході. Він успішно пройшов широкі промислові випробування у виробничих умовах металургійного комбінату ім. Ілліча, Бердянського морського торговельного порту, Докучаєвського ГЗК. Ці випробування повністю підтвердили його працездатність, високі експлуатаційно-технічні якості та відповідність виробничим вимогам підприємств [3].

За підсумками випробувань промисловий зразок маневрового тягача ТМ1.175 пройшов сертифікацію і з 15.02.2011 р. впроваджений на ТОВ «Промпоставка». За період експлуатації на цьому підприємстві (включаючи зимовий період з температурами до  $-15^{\circ}\text{C}$ ) тягачем було перероблено близько 5000 вагонів. Під час транспортного обслуговування підприємства була повністю підтверджена його надійність, працездатність, відповідність виробничим вимогам і складним умовам експлуатації.

В Україні залізничним транспортом обслуговується близько 600 державних, кооперативних, акціонерних і приватних підприємств різних галузей промисловості, вантажопотік яких становить 25-30 вагонів на добу. Відповідно до експлуатаційних умов цих підприємств потреба в маневрових тягачах складе до 900 одиниць, при цьому загальний економічний ефект становитиме не менше 75-80 млн. грн. на рік.

### Література

1. Красулин А.С. Повышение эффективности обслуживания транспортно-грузового комплекса прокатного цеха металлургического комбината / А.С. Красулин // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки: Науковий журнал. – Київ: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2018. – Том 29 (68). – № 3. – С.158-165.
2. Маслак А.В. Анализ эксплуатационных показателей работы локомотивного парка при транспортном обслуживании прокатных цехов металлургических предприятий / А.В. Маслак, А.С. Красулин // Вісник Приазовського державного технічного університету Сер.: Технічні науки. Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – Вип. 34. – С. 201-209.
3. Парунакян В. Э. Высокоэффективные тяговые средства для промышленного железнодорожного транспорта – локотракторы / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак, А. С. Красулин, В. Я. Агарков // Локомотив-информ. Международный профессиональный журнал. № 5-6 (131-132) 2017. – С 34 – 39.

УДК 656.072, 656.078

## ОЦІНКА ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ЗОНИ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДКОВОМУ ВУЗЛІ

### ASSESSMENT OF THE CONGESTION OF THE URBAN PUBLIC TRANSPORT ZONE IN THE TRANSPORT TRANSFER HUB

Степан Денькович, Данило Бойко, Галина Півторак

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*Modelling the distribution of passenger flows in transport transfer hubs allows us to assess the efficiency of the hub's functioning as a whole and its separated zones and to propose measures to improve the quality of passenger service.*

При вивченні процесу функціонування транспортно-пересадкових вузлів (ТПВ) важливу роль відіграє моделювання переміщень пішоходів та тривалості їх перебування в межах цих вузлів. Проводити таке моделювання можна з використанням різних спеціалізованих програмних продуктів, зокрема пакету PTV Vision (Visum, Vissim, Viswalk). Симуляція відбувається на основі різних моделей, зокрема, моделі соціальної сили [1], методу призначення [2], нейронних мереж [3].

Загальний пасажиропотік у транспортно-пересадковому вузлі можна поділити на три групи:

- пасажирів, які прибули до ТПВ позаміським транспортом і, здійснивши висадку, покидають територію ТПВ;
- пасажирів, які прибули до ТПВ з міста та очікують на посадку на позаміський транспорт;
- пасажирів, які здійснюють пересадку в ТПВ з одного виду транспорту на інший.

Тривалість перебування у транспортно-пересадковому вузлі для частини пасажиропотоку, що належить до другої та третьої груп, залежатиме від розкладів руху транспортних засобів, що прибувають/відправляються з цього вузла, та від їх узгодження.

Головний залізничний вокзал Львова як ТПВ об'єднує в собі 4 зони: зону залізничних перонів, зону міжміського автобусного руху, зону міського громадського транспорту (з розподілом на автобусні та трамвайні маршрути) та зону паркування легкових автомобілів і таксі (рис. 1).

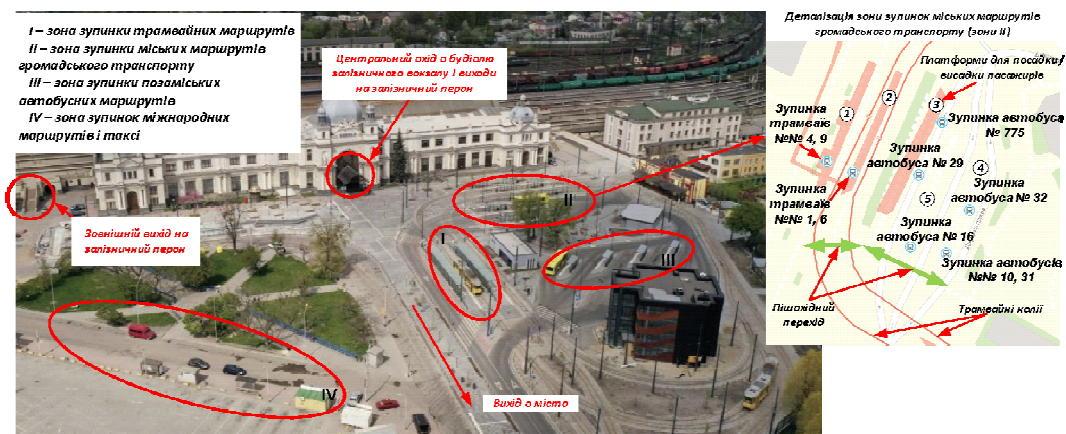


Рис. 1. Схема транспортно-пересадкового вузла «Головний залізничний вокзал»

Згідно з раніше проведеними дослідженнями (довоєнний період), модельований добовий пасажиропотік ТПВ становить 16455 осіб/добу, з них 72% пересідають на міський громадський транспорт [4]. Враховуючи період роботи громадського транспорту та розподіл пасажиропотоку протягом доби на вхід та вихід з вузла, годинний попит на посадку на громадський транспорт змінюється з 93 до 870 пас/год.

Для оцінки середньої тривалості перебування пасажирів на платформі ГПТ враховано такі чинники:

- розклади руху транспортних засобів;
- ймовірність вибору пасажиром певного маршруту.

Ймовірність вибору пасажиром певного маршруту громадського транспорту визначено на основі результатів проведених натурних обстежень (як відношення кількості пасажирів, що здійснюють посадку на певний маршрут, до загальної кількості пасажирів, що здійснюють посадку на всі маршрути, які відправляються з певної платформи). На основі розкладів руху та фактичних інтервалів прибуттів транспортних засобів ГПТ на зупинки пораховано також відхилення від інтервалу руху для кожного з маршрутів та середню тривалість очікування пасажирами маршруту. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Параметри функціонування зони зупинок міських маршрутів громадського транспорту у ТПВ «Головний залізничний вокзал»**

Номер платформи	Маршрут ГПТ	Частота руху маршруту, рейс/год	Ймовірність вибору маршруту		Відхилення від інтервалу руху, хв	Середня тривалість очікування, хв
			загальна	на платформі		
1	Трамвай № 4	6	0,16	0,59	5,25	6,4
	Трамвай № 9	6	0,11	0,41	2,90	5,0
2	Трамвай № 1	4	0,11	0,52	4,42	7,7
	Трамвай № 6	8	0,10	0,48	4,02	4,7
3	Автобус № 29	4	0,03	0,1	5,35	7,6
	Автобус № 775	1	0,08	0,9	0,00	20,0
4	Автобус № 10	4	0,12	0,47	4,58	7,3
	Автобус № 31	6	0,08	0,26	4,04	5,8
	Автобус № 32	4	0,07	0,27	13,36	13,4
5	Автобус № 16	4	0,14	1	20,01	20,8

На основі цих даних можна визначити кількість пасажирів, які одночасно перебувають на платформах зупинок міського громадського транспорту. В найнавантаженіший період дня на платформі № 1 міського ГПТ може накопичуватися до 37 пас, на платформі № 2 – до 33 пас, на платформі № 3 – до 73 пас, на платформі № 4 – до 51 пас і на платформі № 5 – до 29 пас. Середня тривалість очікування пасажира на платформі коливається від 5 до 21 хв.

Володіння такою інформацією дозволяє визначити розміри і облаштування платформ для забезпечення комфортного та безпечного перебування на ній пасажирів.

### Література

1. Chen Xu, Treiber Martin, Kanagaraj Venkatesan, Li Haiying. Social force models for pedestrian traffic – state of the art. 2018. *Transport Reviews*. Vol.38, Is.5. Pp. 625-653. doi: 10.1080/01441647.2017.1396265.
2. Roca, Vidal and Torres, Vicente and Kretz, Tobias and Lehmann, Karsten and Hofsaß, Ingmar. How to Apply Assignment Methods that were Developed for Vehicular Traffic to Pedestrian Microsimulations. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol.162. doi = 10.1016/j.sbspro.2014.12.181

3. Jing Z., Yin X. *Neural Network-Based Prediction Model for Passenger Flow in a Large Passenger Station: An Exploratory Study*. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 36876-36884. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2972130.

4. Півторак Г.В., Гіць І.І., Жила М.П. *Оцінка розподілу пасажиропотоків в транспортно-пересадочному вузлі // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки – 2022. – Том 33(72), № 2. – С. 215 – 220. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.2/32>.*

**УДК 656.13**

## **ФУНКЦІОНУВАННЯ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС ВОЄНОГО СТАНУ**

FUNCTIONING OF PUBLIC TRANSPORT DURING MARTIAL LAW

**Іванна Гіць, Дзвенислава Кадюк**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The paper describes the operation of public transport during the period of martial law. As a result, the transport has undergone significant changes.*

На функціонування всіх галузей в Україні істотно вплинув воєнний стан, оскільки в період війни велика кількість підприємств змушена працювати в непередбачуваних умовах. Робота громадського транспорту не є винятком із ситуації, яка склалася.

Під час воєнного стану в частині українських міст знизилась кількість поїздок за день. Здебільшого це міста, які розташовані неподалік місць, де відбуваються бойові дії.

В Україні функціонують дві системи громадського транспорту – комунальна і приватна, тобто комунальний електротранспорт та приватні маршрутки. Для приватних перевізників зараз склалася складна ситуація, оскільки їх рухомий склад залучають до ліквідації надзвичайних ситуацій, які виникають, а водіїв призивають у військо. Собівартість перевезень одного пасажера помітно зросла, оскільки збільшилися ціни на паливо. Комунальний транспорт, на сьогодні, працює більш-менш непогано, оскільки він фінансується з бюджету держави.

З початком бойових дій громадський транспорт зазнав змін внаслідок наступних чинників [1]: ракетні удари по транспортній інфраструктурі, бойові дії, проблеми з паливом, недостатня кількість водіїв, економічні зміни, внутрішня міграція населення.

Аналізуючи територію України, ситуація з громадським транспортом є відносно задовільною у 10 областях. На звільнених територіях ситуація складна, через руйнування інфраструктури та економічні втрати. На прифронтових територіях ще й гостро стоїть питання безпеки роботи транспорту [2].

Наприклад, громадський транспорт у Львові курсує з 6:00 до 22:00. Щодо трамваїв та тролейбусів, то їхня кількість залишилась незмінною, зараз курсує близько 128 одиниць. Не курсує лише тролейбус №29, в напрямку до аеропорту. Щодо маршруток та автобусів, то кількість транспортних засобів скоротилася на деяких маршрутах. Це пов'язано з тим, що

зменшився пасажиропотік, а також велика кількість автобусів, зокрема і приватних перевізників, зараз здійснює перевезення пасажирів до сіл районів [3].

Якщо говорити про міста, які розташовані близько до ведення бойових дій, то там ситуація дещо інша. На сьогоднішній день у Харкові відновили перевезення пасажирів громадським транспортом. Трамваї та тролейбуси поки не курсують. Інтервал руху на лініях метро становить 15-20 хвилин. Також з технічних причин тимчасово збільшено інтервали на трьох лініях Харківського метрополітену. З урахуванням цього розробили нову схему муніципальних автобусів. Вона діє під час роботи метро та знеструмлення наземного електротранспорту [4].

Крім поділу на комунальний і приватний громадський транспорт, також варто поділити на внутрішньоміський та міжобласний. За внутрішньоміський відповідає міська влада і тому кількість рухомого складу у звільнених містах збільшується, транспорт починає відновлювати звичайну роботу. Щодо міжобласних перевезень – це були приватні перевізники, які не можуть працювати через низьку собівартість. Вони працюють, але є багато обмежень та тариф занадто високий.

На сьогоднішній день робота громадського транспорту є в доволі складній ситуації. Особливо це відчувається в областях, з підвищеним ризиком ракетних обстрілів та на територіях, які є неподалік зони проведення бойових дій. Кількість рухомого складу наземного громадського транспорту та кількість маршрутів тут скоротилася істотно, що не може забезпечити комфортне перевезення пасажирів.

### **Література**

1. *Олександр Слобожан: про роботу громадського транспорту під час війни [Електронний ресурс] / ЖКГ Асоціація міст України. – Режим доступу: <https://auc.org.ua/novyna/oleksandr-slobozhan-pro-robotu-gromadskogo-transportu-pid-chas-viyny>*
2. *Як живе Львів в умовах воєнного стану: транспорт, ЦНАПи, комуналка [Електронний ресурс] / НТА Пряма мова Львова. – <https://www.nta.ua/yak-zhyve-lviv-v-umovah-voennogo-stanu-transport-cznaru-komunalka/>*
3. *Що сьогодні відбувається з громадським транспортом у Харкові [Електронний ресурс] / Comments. – <https://kharkov.comments.ua/ua/news/society/human-rights/16205-scho-sogodni-vidbuvaetsya-z-gromadskim-transportom-u-harkovi.amp>*

## **СЕКЦІЯ 3. РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗВИТКУ Й ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

УДК 656.13

### **ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ОБСЯГІВ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

DETERMINATION OF CALCULATED VOLUMES OF WORK  
FOR RAILWAY TRANSPORT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Дмитро Козаченко<sup>1</sup>, Анатолій Верлан<sup>2</sup>, Микола Березовий<sup>1</sup>, В'ячеслав Малашкін<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010

<sup>2</sup>ТОВ з П Трансінвестсервіс  
вул. Чапаєва, 50, с. Візирка, Одеська обл., 67543

*An improved estimation method for determination of industrial railway transport forecast work volumes is presented.*

Для забезпечення стійкої роботи залізничного транспорту промислових підприємств він повинен мати резерви пропускнув спроможності для опанування пікових навантажень. В той же час створення і утримання вказаних резервів вимагає додаткових витрат. Так, як обсяги перевезення вантажів підлягають впливу великої кількості випадкових факторів, то оцінка відповідності технічного забезпечення існуючим та плановим обсягам роботи є складною техніко-економічною задачею. Сучасний етап розвитку економіки України характеризується динамічною зміною характеру та обсягу вантажопотоків. Причини нерівномірності обсягів роботи залізничного транспорту в значній мірі пов'язані з чинниками економічного характеру, зокрема з кон'юнктурою ринку вантажів, що перевозяться. Також нерівномірність залізничних перевезень викликають сезонність виробництва і споживання продукції, вплив погодних умов, обмеження пропускнув спроможності підходів до залізничних вузлів та ін. Метою цього дослідження є удосконалення методів визначення розрахункових обсягів роботи залізничного транспорту промислових підприємств на основі результатів спостережень.

Дослідження виконані на основі аналізу роботи під'їзної колії ТОВ з П «Трансінвестсервіс». Основним призначенням залізничної під'їзної колії ТОВ з П «Трансінвестсервіс» є транспортне обслуговування контрагентів – стивідорних компаній в порту Південний. На долю під'їзної колії ТОВ з П «Трансінвестсервіс» припадає біля 7% вантажних операцій, що виконуються на залізничному транспорті України. Метою встановлення розрахункових обсягів роботи є пошук таких типових несприятливих поєднань типів вантажу та числа вагонів з ними, можливість переробити які свідчить про спроможність освоїти задані обсяги роботи за розрахунковий період.

Обсяги роботи залізничного транспорту промислових підприємств визначається на підставі середніх добових обсягів роботи з урахуванням нерівномірності перевезень [1, 2].



На підставі виконаних досліджень в якості розрахункової формули для визначення обсягів роботи протягом  $j$ -го місяця пропонується використовувати вираз

$$M_{p,i} = \gamma_d \sum_{j=1}^n \bar{M}_{dj} \gamma_{m,ij} \quad (1)$$

де  $\bar{M}_{dj}$  – середні добові обсяги перевезень  $j$ -го вантажу протягом року, ваг;  $\gamma_{m,ij}$  – розрахунковий коефіцієнт місячної нерівномірності  $j$ -го вантажу в  $i$ -му місяці;  $\gamma_{d,ij}$  – розрахунковий коефіцієнт добової нерівномірності;  $n$  – кількість видів вантажів.

Середні добові обсяги перевезень визначаються як

$$\bar{M}_{dj} = \frac{M_{пj}}{365}, \quad (2)$$

де  $M_{пj}$  – планові річні обсяги перевезень  $j$ -го вантажу, ваг.

Згідно з діючими методиками розрахунковий коефіцієнт місячної нерівномірності визначається діленням обсягу перевезень вантажу у  $i$ -му місяці попереднього року на середній місячний обсяг перевезення цього вантажу у попередньому році. Такий метод є причиною невірної оцінки величини нерівномірності так як зростання чи зменшення обсягів роботи підприємства трактується як нерівномірність перевезень. У зв'язку з цим величину нерівномірності перевезень пропонується визначати по відношенню до тренду зміни обсягів перевезень. Графічно це показано на рис. 1.

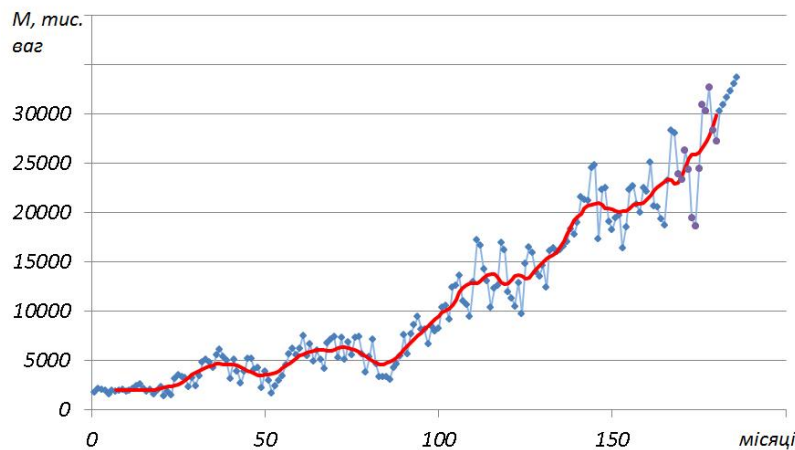


Рис. 1. Тренд обсягів роботи під'їзної колії ТОВ з П «Трансінвестсервіс»

Коефіцієнт місячної нерівномірності перевезень для  $i$ -го місяця  $r$ -го року визначається за формулою

$$\gamma_{m,irj} = \frac{S_{н,irj}}{S_{сн,irj}}, \quad i=1 \dots 12, r=1 \dots k, \quad (3)$$

де,  $S_{н,irj}$ ,  $S_{сн,irj}$  – відповідно фактичні середньодобові обсяги перевезень  $j$ -го вантажу в  $i$ -й місяць  $r$ -го року та середньодобові обсяги роботи в той же період, розраховані за результатами згладжування;  $k$  – кількість років, що використовувались для аналізу місячної нерівномірності.

Розрахунковий коефіцієнт місячної нерівномірності  $\gamma_{m,ij}$  визначається на підставі отриманих значень  $\gamma_{m,irj}$  в результаті згладжування за допомогою зваженої ковзної середньої з вагами  ${}_k W_r = \{k, k-1, \dots, 1\}$ .

Основні чинники, що викликають добову нерівномірність прибуття вагонів з вантажами на промислові підприємства пов'язані з роботою магістрального залізничного

транспорту та умовами взаємодії магістрального та промислового залізничного транспорту. У зв'язку з цим коефіцієнт добової нерівномірності визначається для загальних обсягів перевезень без урахування видів вантажу. На сьогодні коефіцієнт добової нерівномірності встановлюється на підставі даних місяця максимальних обсягів перевезень як відношення максимальних добових обсягів перевезень до середніх добових обсягів перевезень протягом цього місяця. На рис. 2 наведені добові обсяги прибуття вантажів на під'їзну колію ТОВ з П «Трансінвестсервіс» протягом місяця максимальних перевезень. Згідно із звітними даними в добу максимальних обсягів перевезень прибуло 1502 вагони, що на 86% більше середніх річних обсягів перевезень та на 51% більше середніх обсягів перевезень у місяць максимальних обсягів перевезень. Виконаний аналіз показує що пікові значення обсягів прибуття вагонів на під'їзну колію чергуються з падінням обсягів перевезень.

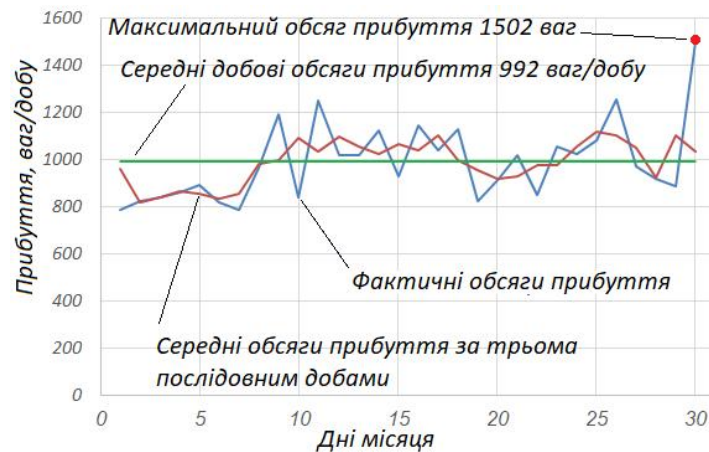


Рис. 2. Динаміка обсягів прибуття вагонів протягом місяця максимальних перевезень

Вказаний факт пояснюється зміною умов взаємодії під'їзної колії та станції примикання при досягненні пропускної спроможності. При досягненні пропускної спроможності під'їзної колії вагони на неї зі станції примикання надходять порціями, що фіксується як збільшення нерівномірності перевезень. Для подолання цієї проблеми добову нерівномірність перевезень пропонується оцінювати за відношенням середніх обсягів перевезень по трьом послідовним дням до середнього обсягу перевезень за місяць.

Вагонопотоки, що прибувають та відправляються з під'їзних колій, як правило, є неоднорідними і пікові обсяги перевезень приходяться на різні місяці. При цьому різне сполучення вантажів викликає різне навантаження на окремі елементи транспортних систем промислових підприємств. Для прикладу в табл. 1 наведено розрахункові обсяги перевезень в березні та грудні.

Таблиця 1

**Розрахункові обсяги роботи в місяці максимальних перевезень**

Місяць	Розрахункове прибуття ваг/добу					Всього
	Зернові	Навалювальні	Контейнери	Інші	Порожні вагони	
Березень	916	855	180	212	149	2312
Грудень	1103	726	214	78	151	2272

Згідно з даними табл. 1. найбільші обсяги прибуття характерні для березня місяця. Відповідно до цих обсягів повинна виконуватись перевірка пропускної спроможності перегону, що з'єднує під'їзну колію та магістральну залізницю. В той же час, зважаючи, що

витрати часу на маневрову роботу з зерновими вантажами перевищують витрати часу на маневрову роботу з навалювальними вантажами у 2,36 разів, то найбільше навантаження на парк маневрових локомотивів підприємства припадає на грудень місяць. Тому в якості розрахункових обсягів роботи для подальшого аналізу повинні бути обрані березень та грудень місяць.

В цілому, виконані дослідження дозволяють удосконалити методи визначення розрахункових обсягів роботи залізничного транспорту промислових підприємств за рахунок удосконалення підходів до розрахунку місячної та добової нерівномірності перевезень на основі статистичних даних та за рахунок вибору розрахункових періодів в умовах прибуття неоднорідних вантажопотоків.

### **Література**

1. Бутько Т. В. *Формування математичної моделі взаємодії залізничного транспорту та поромного комплексу* / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін, Т. В. Головка // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2011. – № 6/9 (54). – С. 66-69.

2. Вернигора Р. В. *Аналіз нерівномірності вантажних перевезень на магістральному та промисловому залізничному транспорті* / Р. В. Вернигора, М. І. Березовий // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2012. – № 2/3(56). – С. 62-67.

**УДК 656.2**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ДІЛЯНЦІ ЗІ СУМЩЕНОЮ КОЛІСЮ НИЖАНКОВИЧИ-СТАРЖАВА**

ORGANIZATION OF PASSENGER RAIL TRANSPORTATION  
ON THE SECTION WITH THE COMBINED TRACK NIZHANKOVYCHYCHI-STARZHAVA

**Богдан Гера<sup>1</sup>, Юлія Германюк<sup>1</sup>, Василь Матвій<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

<sup>2</sup> *Департамент технологій перевезень АТ «Укрзалізниця»  
вул. Гоголя, 1, м. Львів, 79000*

*The paper develops approaches for managing end-to-end transportation, in particular, on the test sections of the Nyzhankovychi-Starzhava railway track*

Залізничний транспорт є важливою складовою забезпечення транскордонного співробітництва нашої країни зі сусідніми країнами ЄС. У цих країнах поступово проводяться перетворення на транспорті, розробляються і впроваджуються директиви для встановлення єдиних правил і стандартів його функціонування. Останнім часом усе більше уваги також приділяється зближенню нашої транспортної системи зі структурою та управлінням транспортом у сусідніх країнах на захід від кордону, зокрема це стосується залізничного транспорту, що особливо важливо для покращення переміщення пасажирів і вантажів через кордон в обох напрямках. При цьому виникає потреба вдосконалення організації руху з врахуванням особливостей залізничної інфраструктури, а також зміни потоків перевезень,

зокрема потоків пасажирів на прикордонних ділянках. Тут маємо відмінність колії, перш за все – різна ширина колії, переважно 1520 мм з нашого боку і 1435 мм із країнами ЄС, крім того, відрізняються підходи до регулювання руху. Ці та інші фактори потрібно враховувати, якщо організувати переміщення поїздів до західного кордону. Тому важливим у даний час є розробка підходів для управління наскрізними перевезеннями, зокрема, на тестових ділянках залізничної колії.

У цій роботі з багатьох задач, які необхідно розв'язати, розглянуто одну з них – організацію пасажирських перевезень на ділянках, що примикають до станції Хирів. На ділянці експлуатується як колія 1520 мм, так і суміщена колія 1520/1435 мм, що дозволяє організувати рух із вагонами розрахованими на відповідну ширину колії. З цією метою у роботі побудовано граф залізничної ділянки зі суміщеною колією Нижанковичі-Старжава (Н-Т) та колією шириною 1520 мм Самбір-Хирів (С-Х) і на рис.1 відображена топологія дільниці з умовними відстанями і станціями, яким відповідають вершини графа. Станції С, Х, Н, Р вважаються станціями формування і обертання поїздів, станції Т, U – обертання поїздів, станції В, D – для посадки і висадки пасажирів (рис.1). На суміщеній колії існуючі платформи не передбачені під вагони 1435 мм. На зупинкових платформах можуть провадити посадку і висадку лише поїзди, що знаходяться на колії 1520 мм. Поїзди, що перетинають кордон, проходять митний огляд на станціях Н та U.

На залізничному напрямку можуть виникати і погашатися потоки пасажирів. Є пасажирів, що рухаються від початкової до кінцевої станції, а інші обертаються всередині дільниці. Виникають різні варіанти схем обертання пасажирських поїздів. Схеми обертання встановлюються у залежності від потужності потоку пасажирів із урахування забезпечення зручних умов для пасажирів. Вибір кількості, призначень і маршрутів слідування пасажирських поїздів залежить від ряду факторів, що враховуються при виборі варіанта плану формування. Розглядаються можливі маршрути на мережі зважаючи на властивості станцій. Припустимо, що схеми обертання пасажирських поїздів встановлюємо незалежно для колії 1520 мм і для колії 1435 мм так, щоб забезпечити потоки пасажирів. Взаємодія переміщень поїздів на суміщеній частині колії буде врахована у цьому варіанті лише на графіках руху поїздів. Таким чином розглядається сім маршрутів, для вибору схеми формування поїздів – маршрути між станціями формування і обертання поїздів. Для цього прикладу проаналізовано маршрути С-Х, С-Т, С-Н, Х-Т, Х-Н, Н-Т, Р-U (див. рис.1).

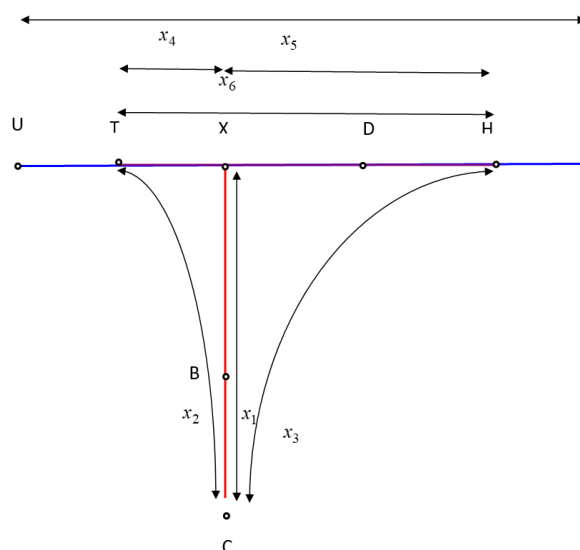


Рис. 1. Варіанти маршрутів на мережі дільниці

Записана постановка задачі, з розв'язку якої отримано раціональну схему руху пасажирських поїздів на дільниці. Кількість поїздів на кожному з маршрутів позначимо як  $x_i$  –  $x_1$  для С-Х,  $x_2$  для С-Т,  $x_3$  для С-Н,  $x_4$  для Х-Т,  $x_5$  для Х-Н,  $x_6$  для Н-Т та  $y$  для Р-У. Кількість поїздів на дільниці Р-У колії 1435 мм, включаючи частину суміщеної колії, повинна забезпечити можливі потоки пасажирів на усіх її частинах Р-Н, Н-Х, Х-Т, Т-У. При кількості пасажирів  $m$  у поїзді слідування Р-У – відповідає умові стосовно кількості поїздів  $y$  :

$$my \geq A_{PU} = \max(A_{PH}, A_{HX}, A_{XT}, A_{TU}) \quad (1)$$

При потребі знизити витрати залізниці за рахунок зменшення кількості поїздів, визначимо найменше ціле число  $y$ , що задовольняє цю умову (1). Таким чином отримуємо

$$y = \begin{cases} \frac{A_{PU}}{m}, & \text{якщо } \left\{ \frac{A_{PU}}{m} \right\} = 0 \\ \left[ \frac{A_{PU}}{m} \right] + 1, & \text{якщо } \left\{ \frac{A_{PU}}{m} \right\} > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Якщо виявиться, що  $m \geq A_{PU}$ , то  $\left[ \frac{A_{PU}}{m} \right] = 0$  і  $y = 1$ . Тобто достатньо одного поїзда, щоб забезпечити потрібні потоки між усіма станціями. При  $m < A_{PU}$  доведеться організувати більше поїздок, але якщо різниця  $A_{PU} - m$  невелика, у межах місткості вагону, то при можливості можна збільшити кількість вагонів у поїзді і не збільшувати кількості поїздок. При зменшенні кількості поїздів збільшують інтервали між поїздами на напрямку. Якщо встановити умови на інтервали між поїздами, то отримаємо іншу схему формування і обертання поїздів. Також у роботі описана формалізація задачі по колії 1520 мм.

Нехай кількість місць для пасажирів у поїздах, що належать до груп  $x_i$  становить відповідно  $m_i$ . Для того, щоб забезпечити перевезення пасажирів у кількостях  $A_{CB}, A_{BX}, A_{XT}, A_{XD}, A_{HD}$  між окремими станціями, запишемо умови, яким повинні задовольняти  $x_i, i = \overline{1;6}$

$$\begin{cases} m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 \geq \max(A_{CB}, A_{BX}) \\ m_2 x_2 + m_4 x_4 + m_6 x_6 \geq A_{XT} \\ m_3 x_3 + m_5 x_5 + m_6 x_6 \geq \max(A_{XD}, A_{XH}) \end{cases} \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, x_i - \text{цілі числа}, i = \overline{1;6} \quad (4)$$

Позначимо витрати на один місцевий поїзд  $x_i$  через  $c_i$ . Тоді загальні витрати на організацію руху на дільниці колії 1520 мм становитимуть

$$L = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (5)$$

Цю функцію маємо мінімізувати за умов (3), (4).

Розв'язок задачі багато в чому залежить від кількості пасажирів, що відправляються зі станцій і прибувають на кожну з них. Якщо отримаємо серед  $x_i$  нульові значення, то схема спроститься, оскільки відповідних поїздів не потрібно формувати.

В якості прикладу виконані розрахунки, де на дільницях Р-Н і Т-У щодоби проходить одна пара поїздів по колії 1435 мм. На інших дільницях щодоби по дві пари поїздів. На С-В і В-Х – це поїзди колії 1520 мм, а на суміщеній колії Х-Т та Х-Н по одному на 1520 мм і 1435 мм. Побудовано графік руху пасажирських поїздів, де рух по суміщеній колії здійснюється по колії 1435 мм або 1520 мм. Посадка та висадка пасажирів по коліях 1520 мм можна здійснювати як на станціях, так і на зупиночних пунктах, де є облаштовані платформи. Посадка і висадка пасажирів по колії 1435 мм здійснюється тільки на станціях, де є облаштовані платформи відповідно до рухомого складу. Дана ділянка колії є одноколійними перегонами і

пропуск поїздів відбувається по одній колії зі схрещенням по станціях із відповідним колійним розвитком. Для прикладу на графіку руху поїздів виконано схрещення приміського поїзда із міжнародним рейковим автобусом (поїздом) по станції Хирів, що дає можливість одночасно підвозити пасажирів по колії 1520 мм зі станції Самбір до Хирова, де вони зможуть виконати пересадку на міжнародний рейс до Польщі і здійснити рух по колії 1435 мм.

В результаті виконання роботи побудовано математичну модель прослідкування пасажирських поїздів на прикордонних ділянках. В якості прикладу проведені розрахунки для ділянки Нижанковичі-Старжава, розраховано, що для організації руху на надій ділянці і забезпечення перевезення заданого пасажиропотоку необхідно впровадження трьох поїздів. Дана математична модель може бути використана для інших прикордонних ділянок між станціями Польщі і України. Впровадження запропонованого міжнародного маршруту від Держ Кордону – Нижанковичі – Хирів – Старжава – Держ Кордон по колії 1435 мм дозволить нашим польським сусідам об'єднати два своїх воєводства за допомогою проходження їхнього рухомого складу через нашу територію, а також скоротити пробіг рухомого складу і відстані між двома великими містами Польщі, а нам в свою чергу – відкрити нові міжнародні пасажирські маршрути, з подальшим впровадженням на даних маршрутах вантажних перевезень.

### Література

1. Dmytro Kozachenko. *A Model of Transit Freight Distribution on a Railway Network* / Dmytro Kozachenko, Vladyslav Skalozub, Bogdan Gera, Yuiia Hermaniuk, Ruslana Korobiova, Aleksandra Gorbova // *Transport Problems*. – 2019. – Vol. 14, Is. 3. – P. 17–26. – DOI: 10.20858/tp.2019.14.3.2.
2. Болжеларський, Я.В. *Дослідження перспективи організації пасажирських перевезень на ділянці Держкордон-Нижанковичі-Трускавець-Моршин* / Я.В. Болжеларський, Ю.М. Германюк, І.М. Палій // *Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств: Тези 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 28-29 листопада 2019 р.)* – Дніпро.: ДНУЗТ, 2019. – С. 22-23.

УДК 656.13

## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТУРИСТИЧНОГО МАРШРУТУ ТРАНСКОРДОННОГО СПІВРОБІТНИЦТВА У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE TOURIST ROUTE  
OF TRANSBORDER COOPERATION IN THE LVIV REGION

Юлія Лесів, Віталій Ковальчук

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The article examines the cross-border tourist route of the western region of Ukraine, which, with effective management and optimization of logistics processes, will have promising development. The technical condition of the road and railway infrastructure of the route, the ability of hubs to receive tourists and the optimization of the route by using graph theory are presented.*

Згідно з Державною програмою розвитку транскордонного співробітництва на 2021–2027 рр. [1], одним з пріоритетів є розвиток транскордонної інфраструктури, що є актуальним для Львівської області. Оскільки вона має розгалужену мережу залізничних сполучень та автомобільних шляхів, входить у ТОП-5 областей України з найвищим показником

---

«Відправлення пасажирів залізничним транспортом загального користування» [2]. Через Львівщину проходять п'ять міжнародних транспортних коридорів (три з яких, Європейська комісія приєднала у 2022 році до Транс'європейської транспортної мережі):

- Брюссель – Ахен – Кельн – Дрезден – Вроцлав – Катовіце – Краків – Львів – Київ;
- Венеція – Трієст/Копер – Любляна – Марибор – Будапешт – Ужгород – Львів – Київ;
- Північно – Балтійський коридор через Львів та Київ до Маріуполя;
- Балто – Чорноморсько – Егейський коридор через Львів, Чернівці (Румунію і Молдову) до Одеси;
- Коридори Балтійське море – Адріатичне море та Рейн – Дунай через Львів [3].

В умовах активного відродження потенціалу туристичних транскордонних маршрутів та активної транскордонної інфраструктурної співпраці, створюються нові можливості для транскордонного туризму. Це покращує інвестиційну привабливість транспортного комплексу України [4–7].

Одним із напрямків розвитку туристичного маршруту є залізничний маршрут Перемишль–Хирів–Кросценко (рис. 1). При аналізі технічного стану залізничної інфраструктури сполучення Нижанковичі–Хирів–Старява, встановлено, що ділянка відноситься до Самбірської дистанції колії (ПЧ-4) Регіональної філії «Львівська залізниця» АТ «Українська залізниця». Ділянка головної суміщеної колії Держкордон – Нижанковичі – Добромиль – Хирів – Старява – Держкордон – одноколійна, не електрифікована, обладнана системою напівавтоблокування. Протяжність ділянки Держкордон – Нижанковичі – Добромиль – Хирів – Старява – Держкордон становить 38,8 км. Швидкість пасажирських поїздів становить 80 км/год, вантажних – 40 км/год на перегонах, на станціях – 25 км/год. У 2021-2022 році проведено середній ремонт залізничної колії та вузлових станцій.



Рис. 1. Схема залізничного маршруту Перемишль–Хирів–Кросценко–(Лупків)

Технічні дані залізничної колії сполучення Держкордон – Нижанковичі – Добромиль – Хирів – Старява – Держкордон наведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Технічні дані залізничної колії**

Рейки	Баласт	Шпали	Скріплення
залізнична колія 1520 мм			
Р-50,Р-65	Щебінь, гравій	Дерев'яні, залізобетонні	КПП, КБ
залізнична колія 1435 мм			
Р-50	Щебінь, гравій	Дерев'яні, залізобетонні	КПП, КБ, Vossloh

Технічний стан автомобільної інфраструктури почав покращуватися у 2023 році, оскільки завершується ремонт однієї з прикордонних автомобільної дороги Т-14-18 Нижанковичі–Самбір–Дрогобич–Стрий, в межах реалізації інвестиційного проекту «Розбудова прикордонної дорожньої інфраструктури на підходах до пунктів пропуску на українсько-польському кордоні» [8].

Характеристика туристичних ресурсів показала, що готельно-ресторанна база регіону потребує розбудови та вкладення інвестицій для збільшення посадкових місць, однак на сьогодні задовольняє попит. Історико-культурна спадщина перебуває в задовільному стані, та дає можливість розвивати туристичні маршрути різних типів.

Під час розробки схем маршрутів та їх оптимізації застосовують математичний апарат теорії графів, головне завдання при цьому полягає у побудові графу логістичної організації турпродукту (туру). У логістиці туризму між вершинами графу слугує транспортний зв'язок. У цьому варіанті розглянуто залізничне і автомобільне сполучення. Запропонований туристичний маршрут (рис. 2) включає пункти, які були проаналізовані відповідно до умов тяжіння туристичних ресурсів, за рівнем розвитку готельної бази та транспортного сполучення, що зв'язані між собою залізницею і автошляхами.

Оцінивши граф туристичного маршруту (рис. 2) за показниками центральності, цілісності, зв'язності, форми та компактності, можна стверджувати, що для оптимізації маршруту, найкращим варіантом буде визначений початковий пункт у вершині Г (наявна залізнична станція з великою пропускнуою здатністю, він також знаходиться ближче до пунктів пропуску через кордон).

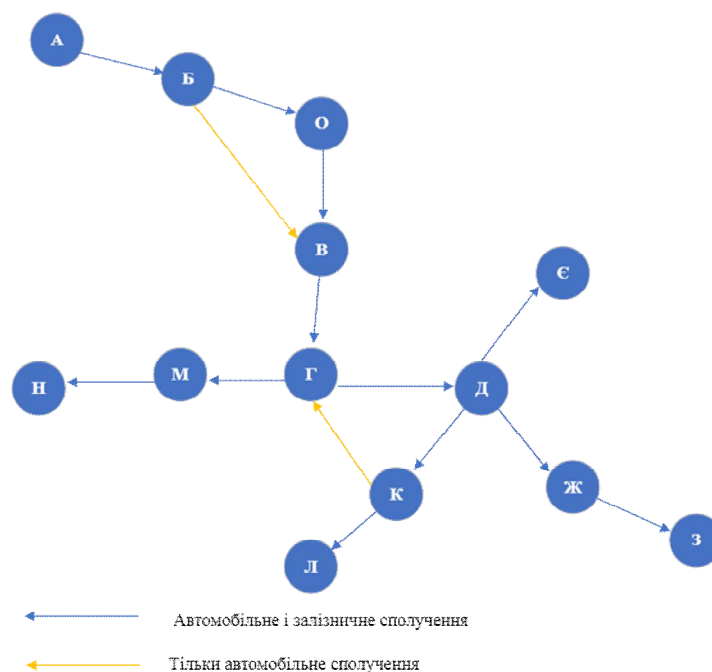


Рис 2. Схема маршруту Н-НМ-Д-Х-С

Пунктами ночівлі можуть бути вершини Б, В, Г, Д. Вершини А та Н, М мають привабливіше розміщення для іноземних туристів, оскільки усі з'єднані з Держкордоном в напрямку туристичних вузлів Республіки Польща.

Із проведених досліджень випливає такий висновок: одним із перспективних напрямків розвитку туристичних маршрутів є вкладення інвестицій в транспортну та туристичну



інфраструктуру у межах транскордонного співробітництва у Львівській області. Одним із варіантів є розвиток логістичного управління процесами пасажирських перевезень на залізничному маршруті Перемишль–Хирів–Кросценко.

### **Література**

1. Державна програма розвитку транскордонного співробітництва на 2021-2027 роки. Міністерство розвитку громад та територій України. 14.04.2021 р.
2. Туристичний барометр ГС «Національна туристична організація України» 2021 р. м.Київ
3. Дані з сайту [https://zaxid.net/cherez\\_lvivsku\\_oblast\\_prohoditmut\\_shhe\\_tri\\_mizhnarodni\\_transportni\\_koridori\\_n1547126](https://zaxid.net/cherez_lvivsku_oblast_prohoditmut_shhe_tri_mizhnarodni_transportni_koridori_n1547126)
4. Пішінько О. М., Бараш Ю. С., Скалозуб В. В., Марценюк Л. В. Економіко-математична модель формування сфери залізничного туризму в Україні. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». 2017. № 13. С. 83–96.;
5. Чаркіна Т. Ю. Теоретико-методологічні основи формування системи антикризового управління пасажирським комплексом залізничного транспорту. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук УДУЗТ, Харків – 2021)
6. Зайцева В.М., Чайкіна Т.Ю., Пікуліна О.В. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку» Старобільськ: ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2021. 380 с. С.40-41.
7. Марусей Т.В. Логістичні інновації в туристичній галузі. «Економіка і суспільство», випуск 41, 2022 р. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-41-2>
8. Дані з сайту ЛОДА <https://loda.gov.ua/>

**УДК 656.13**

## **УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

### **MANAGEMENT OF THE COMPETITIVENESS OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE**

**Микола Маяк**

*Луцький національний технічний університет,  
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018*

*Quality characteristics that must be possessed by motor transport enterprises with high competitive potential are presented. Factors influencing the competitive potential of enterprises were considered, and a model of evaluation and management of a motor vehicle enterprise was developed.*

Ринкові перетворення призвели до істотної зміни господарського механізму, структури управління транспортом. Основні з них: акціонування та приватизація державних та муніципальних підприємств; поява нових підприємств із різними формами власності; широкий розвиток індивідуального підприємництва на автотранспорті; посилення конкуренції над ринком транспортних послуг; звуження ролі держави у регулюванні ринку транспортних послуг.

На автомобільному транспорті докорінно змінилася форма власності, збільшилася чисельність суб'єктів, які провадять діяльність на ринку автотранспортних послуг. Виробничий процес надання транспортних послуг, вимоги клієнтів до перевізників, необхідні для

досягнення успіху, зусилля на ринку в автотранспортному комплексі багаторазово зросли. Ринкове становище автотранспортного підприємства найповніше характеризується таким показником, як конкурентоспроможність.

Основна функція автотранспортного підприємства – надання транспортних послуг. І те, як успішно воно справляється з цією діяльністю, проявляється у конкурентоспроможності його послуг. Автотранспортне підприємство сьогодні може надавати ринку цілком конкурентоспроможні транспортні послуги. Але водночас підприємство не оновлює основні фонди – основна частина водіїв передпенсійного віку; виробничо-технічна база застаріла; низька трудова дисципліна; зростає кількість дорожньо-транспортних пригод за участю водіїв автотранспортних підприємств; знижується коефіцієнт випуску рухомого складу тощо. Чи можна це автотранспортне підприємство визнати конкурентоспроможним? Звичайно ні. Таке підприємство в майбутньому зіткнеться з серйозними труднощами. Конкурентоспроможність спрямована на майбутнє. Вона формується конкуруючим потенціалом підприємства, його стратегією. Конкуруючий потенціал автотранспортного підприємства характеризує його здатність у теперішньому та майбутньому забезпечувати конкурентоспроможність надання послуг, отримувати максимальний результат за мінімальних трудових, фінансових та матеріальних витратах. На жаль, зараз загальноприйнятих інструментів як оцінки, так і управління конкуруючим потенціалом автотранспортного підприємства, немає. Широко поширений для оцінки внутрішнього стану підприємств SWOT-аналіз, що характеризує сильні та слабкі сторони підприємства, його можливості та загрози, відноситься до якісної оцінки, тобто не формалізовано. За його результатами неможливо зіставити внутрішній стан конкурентів, простежити динаміку конкурентного потенціалу підприємства у досліджуваній період. SWOT-аналіз не дозволяє моделювати рівень потенціалу підприємства, а лише вказує напрямки необхідних перетворень. Можна стверджувати, що якщо автотранспортне підприємство здатне без шкоди для себе забезпечувати конкурентоспроможність наданих транспортних послуг на вибраних сегментах ринку будь-якої миті часу, то він має конкурентний потенціал високий.

Об'єктивна оцінка може бути проведена тільки в тому разі, якщо з'ясовано властивості об'єкта, що оцінюється конкуруючими показниками. На конкурентний потенціал підприємства впливає безліч як зовнішніх, і внутрішніх чинників (рис. 1), але значимість їх однакова.

Вибір номенклатури показників конкуруючого потенціалу, що характеризують ці чинники, повинен здійснюватися виходячи з вимог, що висуваються до підприємства. Підприємства транспортного комплексу, з високим конкуруючим потенціалом повинні мати такі якісні характеристики:

1. Відповідний сучасним вимогам парк рухомого складу та виробничо-технічна база.
2. Високоєфективна, орієнтована на маркетинг система забезпечення якості послуг.
3. Прогресивна інструментами маркетингова служба.
4. Інноваційно-орієнтована служба розвитку підприємства.
5. Висококваліфікований і персонал, що розвивається.
6. Розгалужена система прийому замовлень, знаходження клієнтів та надання широкого спектру транспортних послуг.
7. Високі показники фінансово-господарської діяльності, наявність власних фінансових ресурсів для розвитку, можливість та здатність їх залучення із зовнішніх інвестицій.
8. Високопрофесійний менеджмент, який володіє сучасними інструментами управління.

Цей перелік може бути продовжено або звужено з урахуванням специфіки послуг, що надаються автотранспортним підприємством.



Рис. 1. Чинники, що впливають на конкуруючий потенціал підприємства

У літературних джерелах конкуруючий потенціал підприємства рекомендується характеризувати шістьма аспектами внутрішнього середовища: 1) фінанси; 2) виробництво; 3) організація та управління; 4) маркетинг; 5) персонал; 6) технології.

Для цілей управління необхідна кількісна оцінка конкуруючого потенціалу підприємства в цілому та за окремими групами показників. Для визначення комплексних групових показників та конкуруючого потенціалу підприємства загалом пропонується застосувати метод профілів.

Якщо розглядається одне і те ж автотранспортне підприємство у різні періоди, то аналізується динаміка як індивідуальних, так і комплексних показників конкурентного потенціалу, виявляються «вузькі місця». Надалі за ними розробляються заходи, що покращують проблемні показники.

Інтегральний показник конкуруючого потенціалу можна розрахувати з урахуванням коефіцієнтів вагомості груп показників. Для розрахунку коефіцієнтів вагомості доцільно використати досить об'єктивний, універсальний метод аналізу ієрархій. Головна перевага методу аналізу ієрархій у тому, що переваги показників призначаються не прямим вольовим

методом, а на основі парних порівнянь. Ефективність застосування методу аналізу ієрархій доведено як теоретично, так і практично при вирішенні багатокритеріальних завдань оцінки об'єктів у різних галузях економіки. Оцінка конкуруючого потенціалу підприємства дозволяє об'єктивно аналізувати різноманітні аспекти його діяльності, є основою до створення системи управління його рівнем. Виявляючи свій конкуруючий потенціал, підприємство встановлює «вузькі місця» у своєму підприємстві та розробляє заходи щодо моделювання рівня потенціалу до бажаних значень.

Результати оцінки конкуруючого потенціалу можуть кластися в основу методики вибору постачальників, підрядників, виявлення переможців тендерів, конкурсів, застосовуватися з метою оцінки інвестиційної привабливості підприємств. Застосування запропонованого методу оцінки та управління конкуруючим потенціалом сприятиме підвищенню конкурентоспроможності автотранспортних підприємств.

**УДК 629.4.027.35**

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ  
ФРИКЦІЙНИХ ГАСИТЕЛІВ КОЛИВАНЬ**

**IMPROVEMENT OF THE DYNAMIC PERFORMANCE INDICATORS  
OF FRICTION DAMPERS**

**Максим Ковтанець, Тетяна Ковтанець, Марина Вакулік**

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,  
вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, 01042*

*It is represented results of the vibration analysis locomotive spring system with control friction damper. The structural version of the control friction damper is showed in article.*

Фрикційні гасителі коливань широко використовуються у ресорному підвішуванні локомотивів і вагонів через наявність таких позитивних якостей, як порівняльна простота конструкції, компактність, невибагливість до сезонного обслуговування тощо, що забезпечує малі витрати на їх виготовлення та експлуатацію. Однак, одним із найістотніших недоліків традиційних конструкцій фрикційних гасителів коливань у динамічному відношенні є наявність зон нечутливості того ресорного підвішування, де вони застосовуються [1]. Наприклад, у візка тепловоза 2ТЕ116, де реалізовано індивідуальне пружинне підвішування кожної букси, паралельно якому включений фрикційний гаситель з постійною силою тертя, що дорівнює 4 кН, зона нечутливості  $z^*$ , мм, теоретично визначається як

$$z^* = \pm(F_0 / mg)z_{cm}, \quad (1)$$

де  $F_0$  – сила тертя фрикційного гасителя, Н;  $m$  – маса надресорної будови, що припадає на одну буксу, кг;  $z_{cm}$  – вертикальна статична осадка буксового ступеня ресорного підвішування, мм.

При  $F_0 = 4000$  Н,  $m = 9350$  кг,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> та  $z_{cm} = 100$  мм виходить  $z^* = \pm 4,4$  мм. Насправді через наявність у ресорному підвішуванні інших непружних опорів величина  $z^*$

може досягти 5-6 мм. Отже, поки що вертикальні динамічні сили, що діють на буксі, не перевищать 4-5 кН, ресорне підвішування працює як жорстка опора, тобто не виконує покладених на нього функцій. Зниження  $F_0$  збільшує тривалість процесу згасання власних коливань надресорної будови після істотного імпульсного впливу на буксу (наприклад, при проходженні рейкового стику) через зменшення енергії, що поглинається гасителем, що також не є позитивною стороною такого ресорного підвішування.

До інших недоліків фрикційних гасителів потрібно віднести нестабільність коефіцієнта тертя внаслідок зносу і забруднення поверхонь, що труться, впливу погодних умов і т.п., що робить процес їх роботи практично неконтрольованим протягом порівняно тривалого періоду [2].

Принципово новим напрямом у вдосконаленні динамічних показників роботи фрикційних гасителів коливань є управління силою їхнього опору залежно від характеристик коливальних процесів надресорної будови. Для якісної оцінки ефективності роботи таких гасителів розглянемо спрощену коливальну систему з параметрами, близькими до таких у першому ступені ресорного підвішування тепловоза 2ТЕ116 (рис. 1).

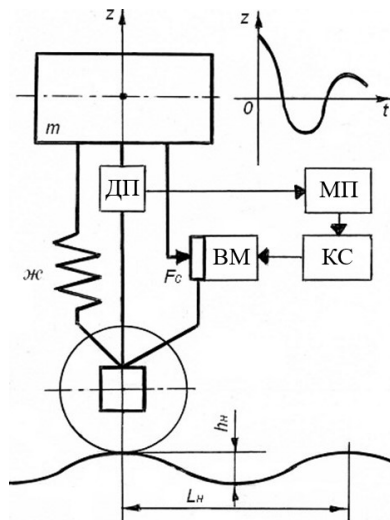


Рис. 1. Розрахункова схема коливальної системи

Тут параметрами коливань є вертикальне переміщення надресорної будови  $z(t)$ , її швидкість  $\dot{z}(t)$  та прискорення  $\ddot{z}(t)$ . Параметри системи:  $m$  – підресорена маса, що припадає на одну буксу;  $жс$  – вертикальна жорсткість пружного буксового підвішування;  $F_c$  – сила опору гасителя. Зовнішній збурювальний вплив з боку рейкового шляху представляється як кінематичний у вигляді проходження колесом вертикальних косинусоїдальних нерівностей довжиною  $L_n$  і глибиною  $h_n$  зі швидкістю  $V$ . Для роботи гасителя в керованому режимі у системі передбачені датчик переміщень надресорної будови (ДП), пристрій керування силою опору (КС), виконавчий механізм (ВМ) і мікропроцесор (МП), що здійснює опрацювання інформації та вироблення сигналу управління.

Наявність датчиків швидкості та прискорення не є необхідним, оскільки відповідні сигнали можна отримати у мікропроцесорі, диференціюючи сигнал датчика ДП.

На основі проведених досліджень, згідно запропонованої розрахункової схеми коливальної системи, можна вважати можливим, що керуючи функцією сили опору фрикційного гасителя коливань, можливо забезпечити йому необхідні силові характеристики як лінійні, і нелінійні. Більше того, на певних режимах руху локомотива (наприклад, при рушанні або за малих швидкостей) можна взагалі зробити їх рівними нулю, виключивши зону нечутливості ресорного підвішування, що позитивно позначиться на його динамічних показниках і нерівномірності розподілу навантажень на колісні пари. Зміна сили опору фрикційного гасителя коливань досягається за рахунок його модернізації, на представлений варіант якого отримано патент України на корисну модель № 50472 [3].

## Література

1. Горбунов Н.И. Пути решения проблемы повышения тягово-цепных и динамических качеств локомотивов / Н.И. Горбунов, Е.А. Кравченко, В.А. Левандовский, В.И. Нестеренко, М.В.

Ковтанець, В.С. Ноженко // *Международный информационный научно-технический журнал «Локомотивинформ»*, №5, 2010. – С. 38-41.

2. Слащев В.А. Управляемый фрикционный гаситель колебаний и его динамические возможности / В.А. Слащев, А.А. Ключев, В.И. Додонов, М.В. Ковтанець // *Вісник Східноукраїнського Національного Університету імені В. Даля* № 5 (147). Ч.1. – СХУ ім. В. Даля, 2010. – С. 120-125.

3. Патент на корисну модель № 50472 Фрикційний гаситель коливань тепловоза МПК (2009) В60G 13/00 / Слащев В.А., Горбунов М.І., Кравченко К.О., Ковтанець М.В., Цуцаріна Ю.В., Ноженко В.С.; заявник і власник СХУ ім. В.Даля. – u200913012; заявл. 14.12.2009; опубл. 10.06.2010, Бюл. № 11. – 2 с.

УДК 656.25.1/5.629.4

## ПЛАНУВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ ВАГОНІВ ПІД НАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛОПРОКАТУ НА ПІДПРИЄМСТВІ

### PLANNING OF PLACEMENT OF WAGONS UNDER ROLLED METAL LOADING AT THE ENTERPRISE

Олена Кіріцева

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*A statistical analysis of the dynamics of production volumes of rolling shops of one of the largest metallurgical enterprises of Ukraine was made. The problem of submitting rolling stock under the loading of finished products, for sending to the external network, under the existing conditions at this enterprise, was studied.*

В умовах обмеження економічних можливостей підприємств на усіх етапах виробничого процесу, а також структурах промислового залізничного транспорту, необхідно особливу увагу приділяти проведенню досліджень, які спрямовані на вдосконалення організації і технології роботи транспорту підприємств. Першочерговим завданням при цьому є пошук методів планування, виходячи з потреби надійного функціонування основного виробництва, вдосконалення системи управління на основі сучасних підходів. Як показує практика значний економічний ефект може бути досягнутий за рахунок оптимального розподілу порожніх вагонів по фронтах завантаження металопродукції.

При розгляді транспортного процесу металургійного підприємства необхідно акцентувати на подвійній ролі залізничного транспорту. Він знаходиться на стику роботи виробничого процесу конкретного підприємства, магістрального залізничного транспорту загального використання і роботи компаній різних власників, послугами яких користується підприємство. Вагомість залізничного транспорту найбільшою мірою проявляється на металургійних підприємствах, на яких відбувається переміщення великого обсягу сировини, палива, напівфабрикатів і готової продукції між цехами і складами підприємства, а також забезпечується транспортний зв'язок з іншими підприємствами.

Основним чинником конкурентоспроможності металургійної продукції на світовому ринку в умовах, що склалися, є зниження її собівартості, досягти якого можна шляхом приведення до мінімуму сумарних виробничих та транспортних витрат. Досягти цієї мети неможливо без удосконалення системи управління на основі застосування існуючих методів розв'язування багатокритеріальних задач оптимізації.

Потрібно докладно розглядати увесь процес взаємодії транспорту та виробництва з моменту прибуття, просування та відправлення вантажного вагону у межах «металургійне підприємство-зовнішня мережа».

Метою дослідження є розроблення моделі раціонального розміщення порожніх вагонів під завантаження металопрокатом на металургійному підприємстві. На підприємстві у системі планування і управління вагонопотоками, окрім транспортного цеху, задіяні відділи сировини і збуту, виробничий відділ і цехи прийому сировини, відвантаження готової продукції. Початковим документом, на основі якого планується виробничий і транспортний процес, є договір на постачання металопродукції. Після розрахунку потреби у сировині та розробки плану постачань, робиться прогноз прибуття вагонів з сировиною. Виходячи з програми випуску готової продукції, складається план відвантаження і графік подання вагонів під завантаження. Порушення стабільності роботи вальцівного переділу істотно позначається на ритмічності перевезень і несприятливо відбивається на процесі переробки зовнішнього вагонопотоку. Це призводить до росту тривалості знаходження або обороту вагонів зовнішнього парку на підприємствах. Звідси витікає зростання плати за їх користування.

Вдосконалення системи взаємодії виробництва і транспорту є одним з головних резервів зниження собівартості продукції. Основна ідея організації перевізного процесу полягає у розробленні такої системи «транспорт-виробництво», яка дозволила б переміщувати вантажі через ланцюжки з технологічних операцій настільки ефективно, наскільки це можливо. У результаті взаємодії транспорту підприємства і виробництва до єдиної злагодженої системи, а також обліку потреб обох підсистем, виникає потреба нової якості системи: від раціональнішого з'єднання елементів.

Таким чином, на цьому етапі постає дуже важливе завдання: необхідність оцінки впливу динаміки виробництва металургійних підприємств на процес переробки зовнішнього і місцевого вагонопотоку. Для визначення раціонального розподілу вагонів під завантаження металопрокату вдосконалено існуючу модель. На металургійному підприємстві є  $i$  – станції, з яких можуть надходити не завантажені вагони,  $i=1\dots n$ . Також є  $j$  – вантажні фронти під завантаження готової металопродукції,  $j=1\dots m$ . Металопродукція, яка випускається на підприємстві буває  $l$  видів ( $l=1\dots s$ ). Обсяг  $l$  виду продукції яка випускається позначимо через  $V_l$ . Для перевезення продукції використовують вагони  $k$  типів ( $k=1\dots t$ ). При цьому вантажомісткість кожного вагону позначимо через  $Q_k$ . Необхідно визначити раціональне розміщення порожніх вагонів  $X_{ijk}(t)$  на станціях під завантаження готової продукції на  $m$  фронтах. При цьому сумарні транспортні витрати за використання вагонів повинні бути мінімальні, тобто:

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk} * C_{ijk} \Rightarrow \min , \quad (1.1)$$

де  $C_{kij}$  – транспортні витрати при переміщенні вагону типу  $k$  з станції  $i$  на фронт  $j$ , грн.

При цьому є обмеження по кількості вагонів  $a_{ik}(\tau)$  на станції  $i$  в момент часу  $\tau$ , год,

$$a_{ik}(t-1) + P_{ik}(t) - \sum_{j=1}^m X_{ijk}(t) = a_{ik}(t), \quad (1.2)$$

та фронтів із завантаження металопродукції  $b_{jk}(\tau)$  в момент часу  $\tau$ , год,

$$\sum_{i=1}^n [X_{ijk}(t-1) + X_{ijk}(t-2)] = b_{jk}(t) \quad (1.3)$$

Розглянута проблема своєчасного формування рухомого складу, що подається під завантаження готової продукції металургійного комбінату на зовнішню мережу. Виявлені нерівномірності коливання вагонопотоку того, що надходить і вагонопотоку, що відправ-

ляється. Нині ця проблема вивчена не повністю, що у свою чергу спричиняє за собою значні простой і збільшення собівартості продукції, що випускається.

### Література

1. Кіріцева О.В. Модель визначення часу обслуговування вагонів на металургійному комбінаті / О.В. Клецька, Д.А. Іванченко, А.С. Ігнатова // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. Вип. 41.- Маріуполь: Изд.ПДТУ, 2020. – С. 180-187.

2. Кіріцева О. В. Ймовірна модель доцільності визначення часу обслуговування вагонів на металургійному підприємстві / Клецька О. В., Іванченко Д. А., Каращук В. О. // Наука та виробництво // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. Вип. 24.- Маріуполь, 2021 – С. 345-356

УДК 656.13

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ

EFFICIENCY OF MACHINE LEARNING METHODS APPLICATION FOR FORECASTING  
FUEL CONSUMPTION IN CARGO TRANSPORTATION

**Вікторія Котенко**

*Луцький національний технічний університет,  
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43000*

*The paper studies the efficiency of machine learning methods application for forecasting fuel consumption in cargo transportation. The given example of the machine learning application in the method of choosing a rational vehicle allows not only to reduce fuel consumption, but also to more efficiently distribute vehicles for the execution of transportation.*

Витрати палива транспортними засобами є ключовою статтею витрат, що формує собівартість перевезення. Саме тому перед власниками автотранспортних підприємств виникає потреба пошуку шляхів для зниження витрат. Одним із таких напрямів є розуміння фактичної витрати палива за конкретних умов та подальше їх скорочення через вибір раціонального транспортного засобу. Прогнозування фактичної витрати палива транспортним засобом на конкретному маршруті передбачає врахування множини чинників, що впливають на транспортний процес. Врахувати їх у повній мірі аналітичними моделями неможливо, проте вирішити поставлене завдання можна шляхом застосування методів машинного навчання.

На сьогодні існує низка закордонних досліджень, що описують реалізацію моделей машинного навчання для прогнозування витрат палива транспортними засобами під час вантажних перевезень [1]. Ці дослідження відрізняються різними наборами даних, специфікою транспортного процесу та методами машинного навчання. У наукових працях для прогнозування витрат палива найчастіше застосовують такі моделі, як модель лінійної регресії [2], штучних нейронних мереж [3;4], дерев рішень [5;6] та випадкового лісу [2;5].

Власні дослідження транспортного процесу доставки сільськогосподарської продукції, зокрема зернових культур, дозволили розробити метод вибору раціональних транспортних засобів для виконання замовлень із доставки запропонованого вантажу, алгоритм якого наведено у дослідженнях [7;8]. Одним із етапів цього методу є прогнозування витрати



палива транспортним засобом за допомогою методів машинного навчання. Цей метод дозволяє системно врахувати особливості організації транспортного процесу та специфіку окремих замовлень, і, на відміну від існуючих, передбачає використання досвіду попередньо реалізованих транспортних процесів, а також включає особливості виробничих умов та характеристики доступних транспортних засобів, що сприяє вибору раціональних транспортних засобів.

Для прогнозування питомої витрати палива було використано дані, що описують конкретний транспортний процес доставки зернових культур до елеватора, зокрема: марка та модель транспортного, вид вантажу (зернові культури), загальна відстань доставки, обсяг вантажу, а також фактичні витрати палива та питомі витрати палива.

Прогнозування величини питомих витрат палива було проведено з використанням найбільш точних регресійних моделей машинного навчання, серед яких модель GLM (Generalized Linear Model) узагальненої лінійної регресії, модель DL (Deep Learning) глибинного навчання, модель DT (Decision Tree) дерева рішень, модель RF (Random Forest) випадкового лісу. Для кожної із моделей здійснено структурні налаштування та проведено оцінку прогнозування витрат пального транспортними засобами під час доставки зернових культур від сільськогосподарських підприємств до елеватора за критеріями: абсолютної похибки, стандартного відхилення, загального та відносного часу навчання.

Результати реалізації моделі GLM узагальненої лінійної регресії показали абсолютну помилку моделі 4,54 л/100км із стандартними відхиленнями  $\pm 0,068$ , відносну похибку – 9,44% та загальний час машинного навчання – 1,87с.

Модель DL глибинного навчання, яку застосовано для прогнозування питомих витрат пального транспортними засобами під час доставки зернових культур від сільськогосподарських підприємств до елеватора, являє собою тришарову глибинну нейронну мережу із 20 нейронами на вхідному шарі, 50 – на другому та третьому шарі, а також одним нейроном на вихідному шарі. Оцінка ефективності прогнозування показала абсолютну похибку на рівні 4,418 л/100 км моделі із стандартними відхиленнями 0,044, відносну похибку – 9,18% та найбільш тривалий час машинного навчання – 22,4 с.

Також прогнозування витрат палива було проведено методом реалізації моделей DT дерева рішень та RF випадкового лісу, детальний опис впровадження яких наведено у дослідженні [9]. Оцінка результатів першої моделі показала відносно низькі похибки прогнозу (абсолютна похибка моделі становить 3,40 л/100км із стандартними відхиленнями  $\pm 0,073$ , відносна похибка – 7,07%) та достатньо швидкий показник навчання – 1,9 с. Проте найбільш точні результати прогнозування витрат пального транспортними засобами під час доставки зернових культур було отримано під час використання моделі RF випадкового лісу. Абсолютна похибка моделі становить 2,25 л/100км із стандартними відхиленнями  $\pm 0,041$ , відносна похибка – 4,6% та загальний час машинного навчання – 4,8с.

Практична реалізація даного методу проводилась на базі даних підприємства, що здійснює доставку зернових культур від сільськогосподарських підприємств до елеватора. Для встановлення ефективності методу було проведено порівняння витрат підприємства на паливо у найбільш піковий двотижневий період виконання замовлень із доставки зернових культур від сільського господарства до елеватора за традиційного (існуючого на підприємстві) методу вибору транспортних засобів та раціонального (розробленого методу, що включає модель машинного навчання). Загальна кількість замовлень за досліджуваний період виконання перевезень становить 1406 замовлень. В цей час підприємством було задіяно 69 транспортних засобів 12 марок (рис. 1). У процесі моделювання вибору раціональних транспортних засобів було використано аналогічні автомобілі у такій самій кількості. При цьому

---

витрати палива транспортними засобами для виконання цих замовлень становили 54591,32 л, в той час як, прогнозовані витрати палива за методом вибору раціональних транспортних засобів – 52450,4 л. Зниження витрат палива свідчить про ефективність застосування машинного навчання для прогнозування витрат палива конкретною моделлю транспортного засобу при виконанні конкретного замовлення. При цьому можлива економія витрат на паливо для підприємства у досліджуваному періоді становила (вартість дизпалива прийнято на рівні 55 грн/л):

$$E_{\text{зп}} = 55 \cdot 54591,32 - 55 \cdot 52450,40 = 117\,750,60 \text{ грн}$$

Варто зауважити, що разом із економією витрат палива внаслідок застосування цього методу, що включає модель машинного навчання знизився середній вантажообіг марок із 66 277,53 ткм до 52 065,45 ткм в розрахунку на 1 транспортний засіб серед представлених, що свідчить про рівномірніший розподіл замовлень між марками автомобілів (рис. 1).

Дослідження відстаней виконаних замовлень (рис. 2) одним транспортним засобом серед представлених марок показало, що діапазон зміни цього показника становив 2,0...98,1 км із середнім значенням 70,7 км до застосування раціонального методу та 28,8...107,0 км із середнім значенням 70,3 км після. Скорочення цього діапазону також свідчить про рівномірніший розподіл замовлень між марками автомобілів запропонованим методом, порівняно з існуючим підходом на підприємстві.

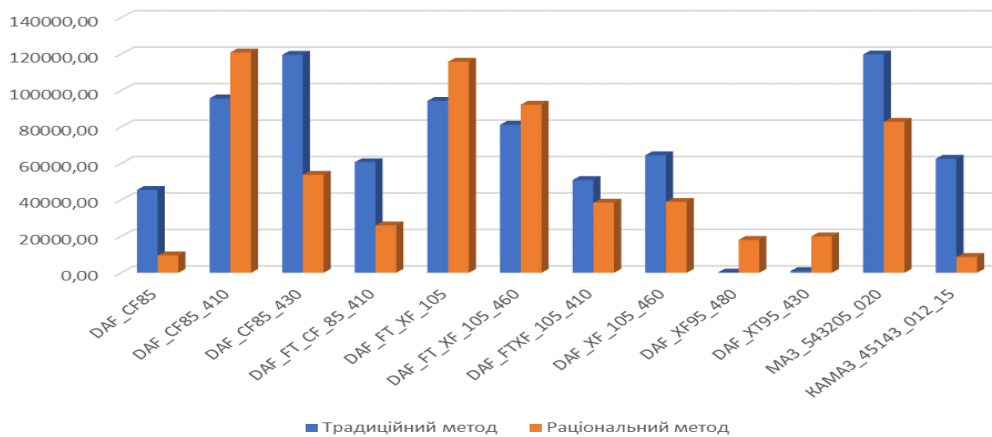


Рис. 1. Вантажообіг одного транспортного засобу при виконанні замовлень із доставки зернових культур від сільськогосподарських підприємств до елеватора за традиційним та раціональним методами

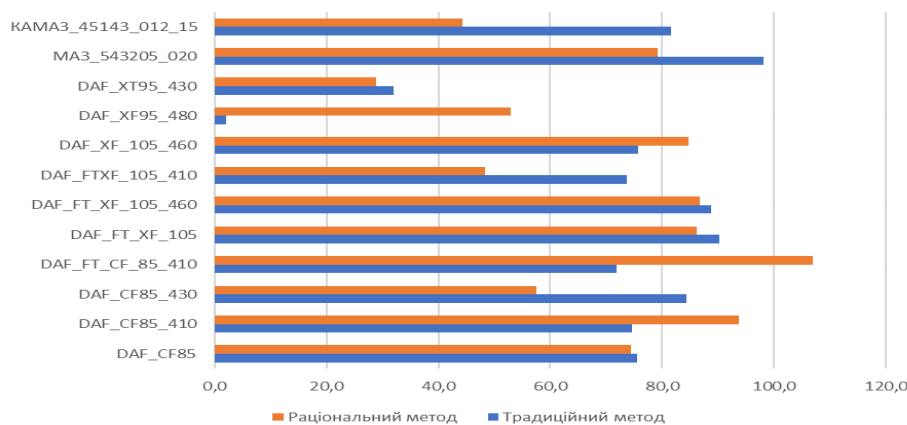


Рис. 2. Відстань виконаних замовлень транспортними засобами із доставки зернових культур від сільськогосподарських підприємств до елеватора за традиційним та раціональним методами

Оскільки використання розробленої моделі машинного навчання в запропонованому методі вибору раціональних транспортних засобів забезпечує не лише економію витрат палива, але й підвищує ефективність виконання відповідних транспортних процесів, можна стверджувати, що впровадження методів машинного навчання сприятиме встановленню нових напрямів для вдосконалення вантажних перевезень.

### Література

1. Kotenko V., «Application of algorithmic models of machine learning to the freight transportation process», *Transport Technologies, Volume 3, Number 2, P.10-21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.23939/tt2022.02.010>.*
2. Budzyński, A., & Śladkowski, A. (2021). *The Use of Machine Learning to Predict Diesel Fuel Consumption in Road Vehicles. 19th European Transport Congress of the EPTS Foundation e.V: European Green Deal Challenges and Solutions for Mobility and Logistics in Cities, pp. 1-6*
3. Schoen, A., Byerly, A., Hendrix, B., Bagwe, R., Santos, E., & Miled, Z. (2019). *A Machine Learning Model for Average Fuel Consumption in Heavy Vehicles. IEEE Transactions On Vehicular Technology, 68(7), pp. 6343–6351. doi: 10.1109/tvt.2019.2916299.*
4. Bousonville, T., Cheubou Kamga, D., Kruger, T., & Dirichs, M. (2020). *Data driven analysis and forecasting of medium and heavy truck fuel consumption. Enterprise Information Systems, 16(6), 1–19. doi: 10.1080/17517575.2020.1856417.*
5. Gong, J., Shang, J., Li, L., Zhang, C., He, J., & Ma, J. (2021). *A Comparative Study on Fuel Consumption Prediction Methods of Heavy-Duty Diesel Trucks Considering 21 Influencing Factors. Energies, 14(23), 8106. doi: 10.3390/en14238106.*
6. Perrotta, F., Parry, T., & Neves, L. (2017). *Application of machine learning for fuel consumption modelling of trucks. 2017 IEEE International Conference On Big Data (Big Data), pp. 3810–3815. doi: 10.1109/bigdata.2017.8258382.*
7. Kotenko, V. (2023). *Method and Results of the Most Efficient Means of Transport Selection for Executing Orders of the Grain Crops Delivery. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Maruschak, P., Karpenko, M. (eds) TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2022. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3_58)*
8. Котенко В., «Факторний аналіз функціональних та вартісних показників транспортного процесу доставки зернових культур», *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, Том 2, №19, С.89-96, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.907>*
9. Котенко В., «Алгоритмічні моделі машинного навчання для прогнозування витрат пального транспортними засобами під час доставки зернових культур», *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, Вип. 6 (37), ч. 1, С.173-182, 2022. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6\(37\).1.173-182](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.6(37).1.173-182)*

УДК 656.13

## КРАУДШИПІНГОВІ ІНІЦІАТИВИ НА ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ

### PUBLIC TRANSPORT CROWDSHIPING INITIATIVES FOR DELIVERY SYSTEM RESILIENCE

Андрій Галкін<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Харківський Національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул.  
Маршала Бажанова 17, Харків, 61001, Україна

<sup>2</sup> The University of Melbourne, 700 Swanston St, Carlton VIC 3053, Australia

*The conference materials investigate public transport crowdshipping mechanism for delivery system resilience in current and future Ukraine development.*

Оскільки особиста мобільність і вантажний транспорт стають все більш взаємопов'язаними, надзвичайно важливо синхронізувати ці завдання, щоб оптимізувати використання інфраструктури та мінімізувати їхній негативний вплив на суспільство, навколишнє середовище та найголовніше – забезпечити стабільність надання послуг в умовах воєнного стану. Наша міська інфраструктура все більше й більше зайнята легкими комерційними та особистими транспортними засобами, які доставляють посилки, тоді як наші системи громадського транспорту використовуються все рідше. Тому актуальним є дослідження спрямоване на виявлення та оцінку ефективних варіантів синергії між вантажними перевезеннями «останньої милі» та послугами громадського транспорту (ГТ) для забезпечення стійкості транспортної системи.

Розмір глобального ринку електронної комерції зростає в геометричній прогресії, і очікується, що до 2027 року він досягне близько 6,35 трильйонів доларів США [1]. У зв'язку з цим зростанням зростає попит на доставку товарів «останньою милею», створюючи додатковий тиск на і без того перевантажену міську інфраструктуру. Україна в цьому випадку не є винятком. Високий попит на кур'єрську доставку додому, ще до початку воєнного стану збільшив обсяг переміщень вантажів у наших містах із зниженням оптимального використання їх об'ємної місткості [2, 3]. Вантажівки є основними причинами заторів і аварій, що впливають на інших учасників дорожнього руху, особливо в міських транспортних системах. У той же час наша залежність від приватних автомобілів з роками зростала, що призвело до значного скорочення використання систем ГТ. Сьогодні дослідження надають докази того, що багато систем громадського транспорту, що працюють, використовуються недостатньо [4], [5]. В той же час посилились виклики, пов'язані як з перевезенням пасажирів ГТ, так і доставкою «останньої милі».

Вантажні перевезення характеризуються невеликими відправленнями, спрямованими багатьом особам із коротким часом виконання, через що остання миля стає найдорожчою та найзабруднювальною ланкою всього ланцюга постачання. Крім того, ефективність доставки вантажів ще більше знижується через рівень невдалих поставок і високу норму прибутку [6]. У цьому контексті «гіга-економіка», яка стосується надання послуг через цифрову платформу за короткостроковими контрактами, представляє унікальну можливість краще використовувати неактивні активи для досягнення наших потрійних цільових показників і вирішення проблем, пов'язаних із зростанням міст. Вантажне завдання знаходиться, поки що, на ранніх стадіях, основну кристалізацію гіг-економіки можна спостерігати у наданні транспортних послуг, таких як Uber [7, 8]. Одним із нових застосувань економіки на вимогу є краудшипінг (він же краудсорсингова доставка), який можна визначити як аутсорсинг служби доставки посилок випадковим

перевізникам, що підтримується технологічною платформою [9]. Останніми роками впровадження краудшипінгу із залученням місцевих непрофесійних кур'єрів для доставки пакунків набуло додаткового імпульсу як рішення збільшення міських вантажних перевезень [10]. Проте в літературі чітко визнається, що, якщо не спроектувати належним чином, краудшипінг може сприяти заторам на дорогах, створюючи нові вантажні поїздки. Подібна проблема спостерігається для послуг спільного користування на вимогу [11, 12]. Запропонована структура (рис. 1) об'єднує рішення щодо планування та операційні ініціативи краудшипінгу та спільної модальності [13], а також рішення щодо планування та операційні рішення служби ГТ.

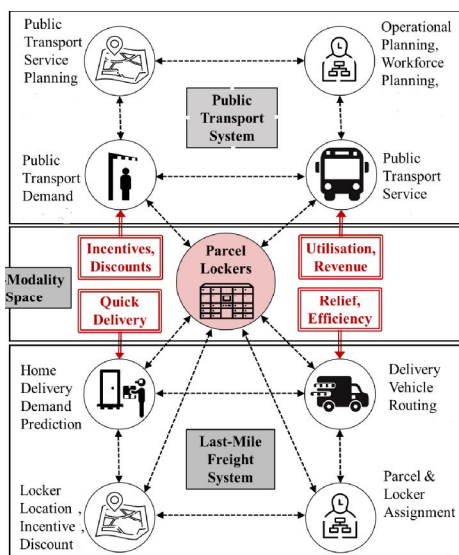


Рис. 1. Схема інтегрованої інфраструктури вантажних перевезень з використанням громадського транспорту

Результатами розробки такого механізму стане перше комплексне середовище моделювання для підтримки міжсистемного планування та операційних рішень для транспортної інфраструктури майбутнього. Основні переваги цього підходу для постачальників послуг і роздрібних торговців включають розширене географічне охоплення послуг, зниження операційних і капітальних витрат і, що найважливіше, значне скорочення екологічних і соціальних витрат та забезпечення стійкості транспортної системи.

## Література

1. Statista (2023) *eCommerce – Worldwide, Digital Market Insights*. <https://www.statista.com/outlook/dmo/ecommerce/worldwide>
2. Thompson, R., Nassir, N. & Frauenfelder, P. (2019). *Shared Freight Networks in Metropolitan Areas*, *City logistics Conference*.
3. Zhang, L. and Thompson R.G. (2019). *Understanding the benefits and limitations of occupancy information systems for couriers*, *Transportation Research Part C*, 105: 520-535.
4. Dzisi, E. K.J., Obeng, A. A. Ackaah, W. Tuffour, Y. A. (2022) *MaaS for paratransit minibus taxis in developing countries: A review*, *Travel Behaviour and Society*, Volume 26, p 18-27.
5. Vij, A. Dühr, A. (2022) *The commercial viability of Mobility-as-a-Service (MaaS): what's in it for existing transport operators, and why should governments intervene?*, *Transport Reviews*, 42(5), 695-716.
6. Galkin, A., Schlosser, T., Cardenas, I., Hodakova, D., & Capayova, S. (2021). *Freight demand and supply assessment for implementation of crowdsourcing technology: A case study in Bratislava, Slovakia*. *Sustainability*, 13(7), 3865
7. Thompson, R.G. and Taniguchi, E. (2017). *City logistics and freight transport*. In *Handbook of logistics 12*. Kiba-Janiak, M., Thompson, R.G. and Cheba, K. (2021). *An assessment tool of the formulation*

*and implementation a sustainable integrated passenger and freight transport strategies. An example of selected European and Australian cities. Sustainable Cities and Society, 71, p.102966.*

8. Galkin, A., Schlosser, T., Čápayová, S., Kopytkov, D., Samchuk, G., & Hodáková, D. (2021). *Monitoring the congestion of urban public transport systems for the possibility of introducing the crowd shipping delivery in Bratislava. Acta Logistica, 8(3), 277-285.*

9. Galkin, A., Schlosser, T., Cardenas, I., Hodakova, D., & Capayova, S. (2021). *Freight demand and supply assessment for implementation of crowdsourcing technology: A case study in Bratislava, Slovakia. Sustainability, 13(7), 3865*

10. Vonage, (2021). *Change in consumer expectations: 10 trends you need to know. Available at <<https://www.vonage.com/resources/articles/10-trends-changing-customer-expectations/>>, accessed on 02 May 2022.*

11.11 Davidich, N., Galkin, A., Davidich, Y., Schlosser, T., Capayova, S., Nowakowska-Grunt, J., ... & Thompson, R. (2022). *Intelligent Decision Support System for Modeling Transport and Passenger Flows in Human-Centric Urban Transport Systems. Energies, 15(7).*

12. Davidich, N., Galkin, A., Iwan, S., Kijewska, K., Chumachenko, I., & Davidich, Y. (2021). *Monitoring of urban freight flows distribution considering the human factor. Sustainable Cities and Society, 75, 103168.*

13. U.S. Department of Commerce, (2022). *Ecommerce Sales & Size Forecast. Available at <<https://www.trade.gov/e-commerce-sales-size-forecast>>, accessed on 02 May 2022.*

**УДК 656.13**

## **ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У МІСТАХ**

### **ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERIC AIR POLLUTION LEVEL BY VEHICLES' EXHAUST GASES IN THE CITIES**

**Катерина Вакуленко, Надія Соколова**

*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова  
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002*

*The general negative impact of road transport on the environment of cities due to air pollution, as well as the impact of changes in the parameters of the urban passenger transport system functioning on the level of pollutants in the city, is considered.*

Сучасне життя неможливе без транспорту та транспортних послуг. Але постійний розвиток транспортної інфраструктури неодмінно супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище. На сьогодні частку транспортної галузі у загальному антропогенному забрудненні навколишнього середовища оцінюють майже у 40 %, що більше будь-якої іншої галузі промисловості [1]. Транспортна мережа міста є частиною транспортного комплексу, яка безпосередньо забезпечує рух різноманітних транспортних засобів вулицями міста.

Одним з найбільш значущих чинників негативного впливу автомобільного транспорту на людину і навколишнє середовище є забруднення повітря [1, 2].

В Україні в останні роки викиди забруднюючих речовин автомобільним транспортом у середньому за рік становлять приблизно 5,5 млн. т, це близько 39 % усього обсягу шкідливих викидів [1]. Найбільша частка забруднень припадає на великі міста. У деяких з них відсоток

забруднення повітря відпрацьованими газами інколи досягає 70 – 90 % від загального рівня забруднень. Головним джерелом забруднення повітря шкідливими речовинами на автомобільних дорогах і міських вулицях є транспортні засоби [3]. Відпрацьовані гази, продукти зношення механічних частин і шин автомобіля, а також дорожнього покриття (тверді частки) становлять більше половини викидів антропогенного походження. Автотранспортні викиди в атмосферу впливають не тільки на безпосередніх учасників дорожнього руху, а й на забруднення атмосфери житлових масивів, пішохідних та велосипедних зон [4], що значно впливає на стан здоров'я мешканців міста.

Як видно з динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря України від стаціонарних та пересувних джерел за 2016 – 2020 роки [5], близько 40 % викидів припадає на пересувні джерела, при цьому спостерігається стійка тенденція до збільшення цієї частки (рис.1).

Основними видами викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення на території України за статистичними даними є: оксид вуглецю (carbon oxide); діоксид сірки (sulphure dioxide); діоксид азоту (nitrogen dioxide); оксид азоту (nitrogen oxide); неметанові легкі органічні сполуки (nonmethane volatile compounds); аміак (ammonia); метан (methane); сажа (carbon) [6].

Найбільші викиди припадають на оксид вуглецю (близько 75 %) та діоксид азоту (11,3 %) (рис.2), негативний характер впливу яких та інших компонентів відпрацьованих газів на організм людини наведений на рис.3.

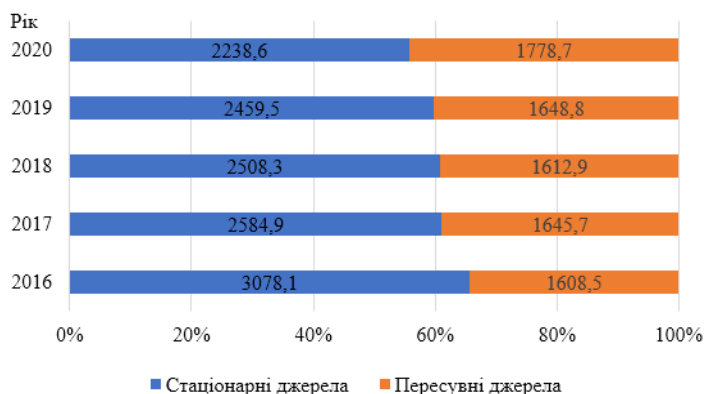


Рис. 1. Розподіл викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел за 2016–2020 рр.

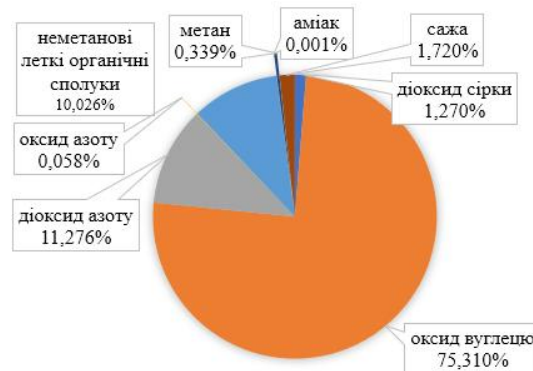


Рис. 2. Розподіл викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від пересувних джерел на території України у 2021 р.

Викиди від автотранспортних засобів є основною причиною зниження якості повітря в містах за умови збільшення рівня автомобілізації, використання транспортних засобів (ТЗ) з різними термінами служби та екологічною якістю моторних палив. На рис. 4 наведено основні напрямки негативного впливу автомобільного транспорту на природне довкілля у містах. Експлуатаційний стан автобусних транспортних засобів, що обслуговують міські маршрути м. Харкова значно перевищують нормативні терміни експлуатації 7 років (табл. 1).

Під час аналізу параметрів функціонування системи міського пасажирського транспорту, та їх впливу на рівень забруднення повітря в Новобаварському районі м. Харкова були виявлені основні проблемні аспекти існуючої маршрутної мережі (дослідження проводилось до повномасштабної агресії з боку РФ): відсутність прямого транспортного зв'язку між

віддаленими частинами району та станціями метрополітену; використання застарілих транспортних засобів та інше. В рамках дослідження було проведено моделювання маршрутної мережі (ММ) з урахуванням впровадження підвізних маршрутів. Порівняння інтегральних показників функціонування та критерії ефективності існуючої і запропонованої ММ свідчить про доцільність запропонованого варіанту.

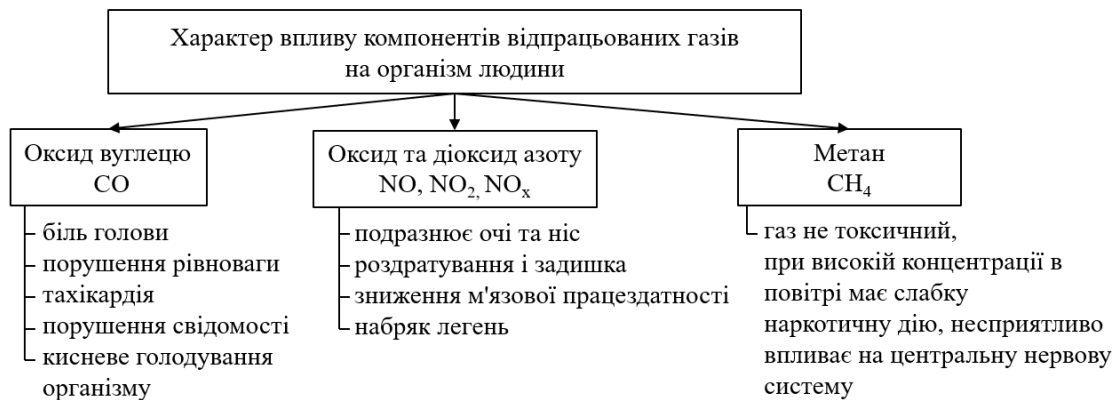


Рис. 3. Характер впливу компонентів відпрацьованих газів на організм людини [7, 8]

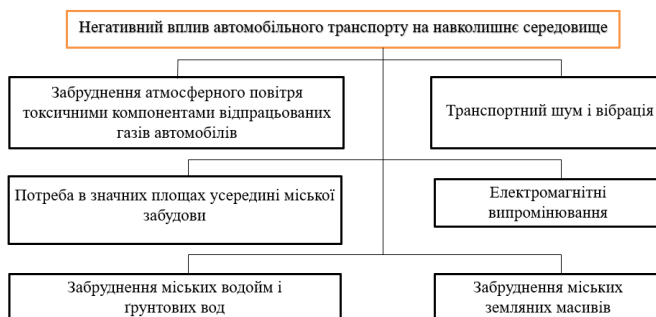


Рис. 4. Негативний вплив автомобільного транспорту на природне довкілля у містах [7, 8]

Таблиця 1

**Нормативний термін експлуатації автобусів, які обслуговують маршрути у м. Харкові**

Марка транспортного засобу	Рік початку експлуатації	Нормативний термін експлуатації, років
Богдан-А092	2011	7
ЗАЗ-А07А	2006	7
БАЗ-А079 "Еталон"	2003	7
Рута-20	2007	7
Рута-А048	2007	7
Рута СІВ-17	2003	7
Volkswagen-LT	2006	7
Рута-25	2008	7
Рута-22	2005	7
MAN EL/NL	2011	7

У дослідженні впливу показників роботи ММ на рівень забруднення повітря потрібно розглядати: зміну кількості та оновлення транспортних засобів (ТЗ), їх місткість та марку; режим руху ТЗ (звичайний, експресний, комбінований); умови руху по маршруту тощо.

Використовуючи програмне забезпечення COPERT, для існуючої та запропонованої маршрутної мережі визначено рівень забруднюючих речовин повітря та парникових газів від автомобільного транспорту таких як, CO, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Отримані результати вказують, що запропонований варіант ММ з урахуванням оновлення ТЗ, їх перерозподілу ТЗ за кількістю та пасажиромісткістю, призводить до зменшення кількості шкідливих викидів.

Транспорт негативно впливає на природне середовище та здоров'я людей. Забруднення повітря впливає на глобальне потепління, шум. В результаті транспортний сектор постійно шукає нові рішення, які зможуть зменшити його негативний вплив на природне довкілля. Використання дизельних автобусів, що відповідають стандарту забруднення EURO 5, EURO 6, використання електробусів, використання на маршрутах МПТ ТЗ з нульовим рівнем викидів [9], впровадження BRT систем автобусного сполучення [10], комбінованого режиму руху з виділенням смуги руху на МПТ [11], впровадження основних принципів міської сталої мобільності [12-14]. Такі рішення, спрямовані на зменшення негативного впливу транспорту та рівня забруднення природного довкілля. Такі рішення можуть суттєво



підвищити якість життя людей, особливо в високоурбанізованих районах, де попит на послуги з перевезення людей та вантажів особливо високий. В подальшому планується оцінити вплив таких заходів щодо вдосконалення організації роботи міського пасажирського транспорту на стан атмосферного повітря міста.

### Література

1. *Транспортна екологія: навчальний посібник* / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджед; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.
2. *Гутаревич В. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г., Корпач А. О., Мерзиевська Л. П. Екологія та автомобільний транспорт : Навчальний посібник.* – Київ, Арістей, 2006. – 292 с.
3. *Оцінка та прогнозування екологічного стану дорожнього господарства : монографія* / І. Е. Линник ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 143 с.
4. *Ratacher M. O. P., Karl M. (2020) Integrating Modes of Transport in a Dynamic Modelling Approach to Evaluate Population Exposure to Ambient NO2 and PM2.5 Pollution in Urban Areas [Electronic resource] / Available at: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/6/2099/htm>*
5. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2022/Національна%20Доповідь%202020%20\(2\).pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Zvit/2022/Національна%20Доповідь%202020%20(2).pdf)*
6. *Викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення (2016-2021) [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/ns.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm)*
7. *Екологічні аспекти автотранспортного комплексу: монографія* / І.Е. Линник, О.І. Лежнева, С.В. Дорожко та ін. – Харків: Видавництво «Смугаста типографія», 2020. – 194 с.
8. *Конспект лекцій із дисципліни «Екологічні характеристики міст» для студентів I курсу денної та заочної форм навчання за спеціальністю 275 – Транспортні технології / К. Є. Вакуленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 62 с.*
9. *Erbach G. CO2 emission standards for new cars and vans: Fit for 55 package //EPRS Briefing. – 2022.*
10. *Вакуленко К.Є. Адаптація принципів міської логістики до організації пасажирських перевезень / Н.А. Соколова, Н.В. Шилле // Комунальне господарство міст : науково-технічний зб., серія «Технічні науки та архітектура» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова.– 2017. – №134 – С. 113 – 121.*
11. *Вакуленко К. Є. Оцінка доцільності організації комбінованого режиму руху на міських маршрутах з урахуванням впровадження виділеної смуги руху / К. Є. Вакуленко, О. І. Лежнева, Н. А. Соколова, Н. В. Шилле // Комунальне господарство міст : науково-технічний зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова.– 2020. – Том 1 №154 – С. 253 – 260.*
12. *Wefering, F., Rupprecht, S., Bührmann, S., & Böhrer-Baedeker, S. (2013, March). Guidelines. developing and implementing a sustainable urban mobility plan. In Workshop (p. 117).*
13. *Gillis, D., Semajski, I., & Lauwers, D. (2015). How to monitor sustainable mobility in cities? Literature review in the frame of creating a set of sustainable mobility indicators. Sustainability, 8(1), 29.*
14. *Oleśków-Szlapka J. et al. Sustainable City Mobility—Comparison of Actual State in Selected European Countries //Smart and Sustainable Supply Chain and Logistics—Trends, Challenges, Methods and Best Practices: Volume 1. – 2020. – С. 133-151.*

УДК 656.078:656.3

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BIG DATA У СИСТЕМІ  
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВІВ  
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА**

PROSPECTS FOR USING BIG DATA TECHNOLOGY IN THE SYSTEM  
OF MAINTENANCE AND REPAIR OF INDUSTRIAL LOCOMOTIVES

**Максим Тимофєєнко**

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*The existing system of preventive maintenance has low efficiency and high consumption of material resources. Consequently, it is necessary to consider the application of the maintenance and repair system, taking into account the actual condition. The use of Big Data technology will reduce costs, increase the level of safety of the operational process.*

Промисловий залізничний транспорт відіграє важливу роль в функціонуванні виробничого процесу та транспортному обслуговуванні підприємства загалом. Справний технічний стан і готовність тягового рухомого складу (ТРС) до транспортування поставленої кількості вагонопотоку є одними з пріоритетних показників при експлуатації на внутрішньозаводських коліях. Однак в процесі роботи на технічний стан локомотива постійно діють зовнішні та внутрішні чинники, які з часом призводять до зношування деталей і механізмів, порушення регулювань, ослаблення кріплень, поломок й інших супутніх несправностей. В результаті знижується надійність вузлів, агрегатів і локомотивів, як повноцінних, працездатних систем. Таким чином, ресурс, який був закладений в конструкції локомотива при його проектуванні, поступово витрачається, і за значень нижче певного рівня може статися відмова локомотива на лінії, наприклад, в процесі технологічного транспортування, що може призвести до серйозніших наслідків [1,2].

Для контролю за технічним станом локомотивного парку на залізницях загального користування та на промисловому транспорті застосовується планово-запобіжна система технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Вона введена на дорогах для забезпечення стійкої й безперебійної роботи ТРС, запобігання пошкоджень обладнання, виконання графіку руху поїздів, дотримання безпеки руху [3].

На сучасному етапі локомотивний парк промислових підприємств характеризується значною часткою ТРС, приблизно 75% яких вичерпали свій призначений термін експлуатації. Подальше утримання локомотивів поза межами фізичного зносу, супроводжується збільшенням витрат та ризику виходу з ладу, під час його експлуатації [4,5].

Наявність зношеного парку ТРС, невідповідність нормативно-технічної документації до наявних умов експлуатації, призводить до зменшення ефективності системи ТОіР. Значна частина парку локомотивів піддається позаплановим видам ремонту внаслідок виявлення несправностей вузлів і деталей машини під час експлуатації, що своєю чергою впливає на ефективність і якість виконання планових робіт.

Подальше використання планово-запобіжної системи ТОіР загострює проблему утримання локомотивного парку у справному стані. Тому для цього потрібно сформулювати ефективну систему, що дозволить враховувати чинні обмеження та адаптуватися до потреб перевізного процесу.

Основними завданнями сучасної системи ТОiP під час експлуатації ТРС промислового підприємства має бути моніторинг і прогнозування його технічного стану, оптимізація проведення ТОiP з урахуванням транспортної інфраструктури, функціональних обмежень внутрішньозаводського рухомого складу та технологічного циклу виробництва.

Згідно з останніми світовими тенденціями в області організації технічного утримання рухомого складу, найбільш перспективною вважається система ТОiP за фактичним технічним станом (у деяких наукових джерелах може мати назву предиктивна або прогнозна система ремонту), яка повинна враховувати досвід використання планово-запобіжної системи, і ґрунтуватися на результатах багаточисельних теоретичних і практичних розробок.

До переваг системи за фактичним станом відносять контроль ТРС за допомогою засобів моніторингу та технічного діагностування, що дозволить визначати точність часу проведення ремонтних робіт, їх обсяг і термін проведення наступного контролю технічного стану. Впровадження системи посприє зменшенню кількості відмов, що виявляються під час ТОiP, регулювання, демонтажу і монтажу обладнання; заощадженню запасних частин внаслідок зменшення профілактичних заміन деталей. Це підвищить ступінь використання транспортного засобу за призначенням.

Принцип системи ремонту за фактичним станом полягає у чіткій обґрунтованості прийняття рішення про необхідність проведення ТОiP. Покладатися у цьому разі можна лише на вірогідну інформацію про технічний стан критично важливих вузлів і деталей локомотива [6].

Однією з технологій, яка починає використовуватися для збору та аналізу даних, є Big Data. Це технологічне рішення отримало своє розповсюдження завдяки недавнім досягненням в області датчиків і комунікаційних технологій в залізничній галузі. Ці датчики, вбудовані в обладнання локомотива та генерують величезні обсяги даних, які можна збирати упродовж усієї експлуатації. Це допомагає операторам виявляти загрози несправності, визначити оптимальний час для виконання технічного обслуговування, що дозволить їм прогнозувати умови, які можуть викликати проблеми в майбутньому, і усувати їх на ранній стадії, до того, як це вплине на працездатність транспортної одиниці [7]. Приклад використання технології Big Data при проведенні ТОiP за фактичним станом наведено на рис. 1.

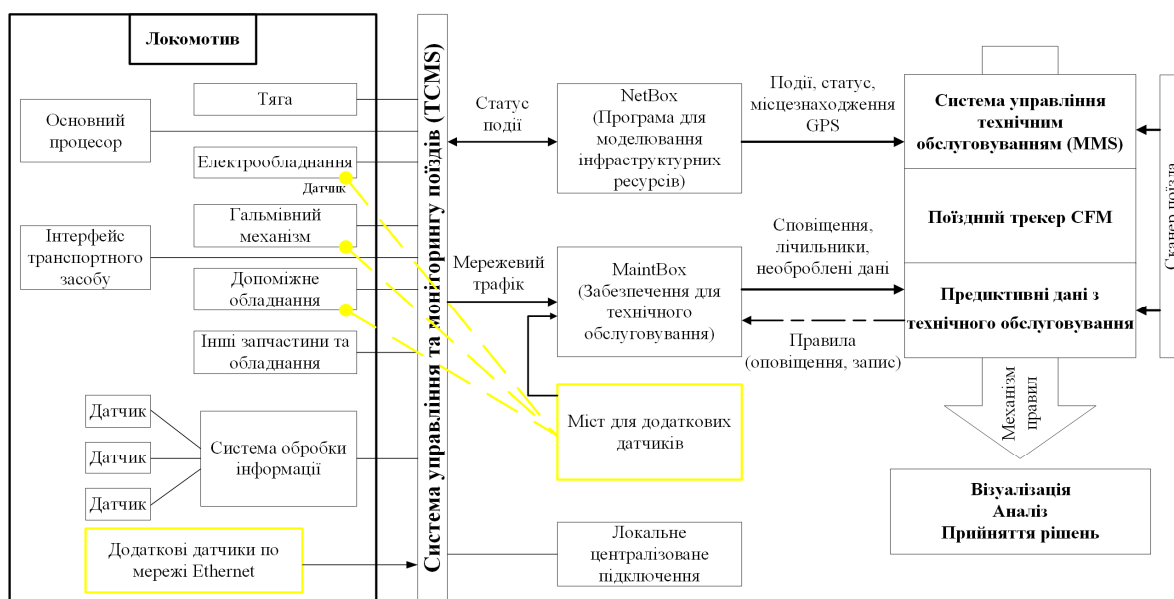


Рис. 1. Використання Big data при технічному обслуговуванні рухомого складу на основі фактичного технічного стану [9]

Аналітика великих даних являє собою підходи, інструменти, а також методи опрацювання структурованих і неструктурованих даних, які характеризуються значними обсягами, високою швидкістю надходження, а також варіативністю. Технологія також служить інструментом аналізу та прогнозування ризиків, пов'язаних з надійністю та безпекою [8].

Варто відмітити, що для реалізації технології Big Data потрібно врахувати такі обмеження:

1. Для реалізації технології потрібні висококваліфіковані фахівці у залізничній галузі для перевірки побудованих моделей за допомогою програм машинного навчання;
2. Технологія не має можливості конвертувати системи з ручним введенням даних в автоматичні;
3. За допомогою технології Big Data неможливо опрацьовувати й створювати інформацію без необхідних даних;
4. Рухомий склад повинен бути оснащений відповідними датчиками та обладнанням, які будуть використовуватися для збору та аналізу отриманих масивів інформації [8].

Водночас технологія Big Data є ефективним підходом до аналізу великих даних в системі ТОіР за фактичним станом, впровадження якого має низку переваг [7,8]:

- підвищення надійності, зниження простоїв, підвищення експлуатаційної готовності;
- мінімізація витрат внаслідок оптимізації ремонту;
- підвищення безпечності шляхом зменшення кількості відмов;
- створення бази знань з переліком проведених ТОіР.

Розробка та поступове впровадження технології та методів аналізу даних Big Data, призвела до руху залізничної галузі від планово-запобіжної системи технічного обслуговування, яка на сьогодні є найбільш поширеною системою утримання ТРС, до системи ремонту за фактичним станом на основі контролю за технічним станом і використанню передової аналітики прогнозування того, коли виникне потреба в наступному технічному обслуговуванні [9].

### Література

1. *Логістичні методи управління ресурсами при ремонтах рухомого складу на промислових підприємствах* / М.І. Капіца, М.В. Гненний, О.П. Пінчук, Л.В. Привалова // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 42. – С. 257–262.
  2. *Данковцев В.Т., Киселев В.И., Четвергов В.А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов. Учебник для вузов ж.-д. транспорта.* – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. – 558 с.
  3. *Гундорова Е.П. Технические средства железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта.* – М.: Маршрут, 2003. – 496 с.
  4. *Грищенко А.В., Грачев В.В., Кручек В.А., Шрайбер М.А. Повышение эффективности технического обслуживания локомотивов / Известия Петербургского университета путей сообщения.* – 2012. – № 4(33). – С. 93-97.
  5. *Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Полулях С.М. Шляхи оновлення парку тепловозів в Україні / Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад», – 2020. – Вип. 20. – С. 14-26.*
  6. *Бочкарев С.А. О некоторых аспектах прогнозирования остаточного ресурса тепловозных дизелей // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2002 г. Вип. 1. С. 36-38.*
  7. *Patrick Mutabazi. Using 'Big Data' for Predictive Rail Maintenance. [Електронний ресурс]: <https://www.linkedin.com/pulse/using-big-data-predictive-rail-maintenance-patrick-mutabazi>*
  8. *Озеров А.В. Предиктивная аналитика с использованием Data Science на железнодорожном транспорте / А.В. Озеров., А.М. Ольшанский, А.П. Куроптева. // Наука и технологии железных дорог. – 2020, №4(16). – С. 63-76.*
  9. *Allan M. Zarembski. Big Data drives big results. [Електронний ресурс]: <https://www.railwayage.com/news/big-data-drives-big-results/>*
-

УДК 656.043.4

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО – ВАНТАЖНОГО КОМПЛЕКСУ

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE TRANSPORT – CARGO COMPLEX

**Вадим Дженчако**

*Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»,  
вул. Гоголя, 29, м. Дніпро, 49000*

*The work is devoted to solving the scientific and technical problem of optimizing the interaction of a cargo station, defrosting garages and an unloading complex when unloading bulk raw materials under conditions of changing temperature parameters of the transport process.*

Проектування, будівництво і введення в експлуатацію гаражів розморожування були обумовлені початком масових залізничних перевезень сировини і палива з гірничодобувних на металургійні підприємства. На цьому етапі на зазначених підприємствах вагонопотік з сировиною не перевищував зазвичай 180 – 200 вагонів на добу. У зв'язку з цим переробної спроможності розвантажувального комплексу в пунктах вивантаження було досить. У цей період найбільш важливими були питання конструкції гаражів, виду і розподілу потоків теплоносія, а також тривалість розморожування сировини. У наступний період, після реконструкції металургійних підприємств та нарощування виробничих потужностей агломераційної фабрики, обсяг надходження сировини з зовнішньої мережі збільшився до 400 – 450 вагонів на добу і досяг, а в більшості випадків і перевищував номінальне значення переробної спроможності розвантажувального комплексу. Це було обумовлено тим, що істотно зросла динаміка вхідного потоку маршрутних поїздів із сировиною. Так, інтервали прибуття поїздів з сировиною з зовнішньої мережі коливаються від 1 – 2 до 12 – 14 годин, і в 60 – 70 % випадків становлять 1,0 – 3,0 години [1].

Основними технічними параметрами гаражів розморожування, які визначають їх переробну спроможність, є місткість і кількість секцій. Однак, до сьогодні ці параметри технологічно обґрунтовуються недостатньо. Отже, першочерговим завданням, яке забезпечує реалізацію зазначеної вимоги є оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу в умовах зміни тривалості розморожування сировини у вагонах. Це реалізується за рахунок синхронізації переробних спроможностей гаражів розморожування і розвантажувального комплексу, на основі варіювання кількості секцій гаражів в експлуатації відповідно до потрібної переробної спроможності розвантажувального комплексу. Тема цієї роботи спрямована на вирішення проблеми оптимізації роботи транспортно – вантажного комплексу при вивантаженні масової сировини. Вона є актуальною для промислового транспорту і потребує наукового вирішення [2].

Мета роботи – оптимізація роботи транспортно–вантажного комплексу в умовах зміни часових і температурних параметрів транспортного процесу на основі синхронізації переробних спроможностей гаражів і розвантажувального комплексу при зміні тривалості розморожування сировини у вагонах.

Для технологічної лінії прийому маршрутних поїздів з сировиною і обслуговування вагоноперекидачів на вантажній станції спеціалізовано п'ять колій приймально – відправного парку з боку сортувального парку, які беруть початок від вхідної горловини і з'єднуються з

розвантажувальними коліями вагоноперекидачів. З них вихід на обидві колії насування має тільки одна середня колія.

Для оцінки тривалості підготовки змерзлої сировини до вивантаження у різних експлуатаційних умовах при дії різноманітних чинників були проведені дослідження умов транспортування сировини у період негативних температур, які прибувають на транспортно – вантажний комплекс.

Потрібно було оцінити умови транспортування і розморожування масової сировини. Масив даних отримано за результатами проведених експериментальних досліджень умов транспортування масової сировини у період негативних температур. Під час досліджень було проаналізовано 120 маршрутних поїздів з сировиною, яка прибула з різних родовищ, при різних часових і температурних умовах транспортування. При цьому враховувався весь діапазон коливань розглянутих чинників [3].

При проведенні експериментальних досліджень проаналізована транспортно-технологічна схема руху маршрутних поїздів з масовою сировиною з пункту навантаження у пункт розвантаження і визначено чинники, які впливають на процес розморожування сировини. Діапазони зміни їх прийняті відповідно до експлуатаційних умов і визначені на підставі експрес аналізів, сертифікатів якості, відомостей просування маршрутних поїздів з масовою сировиною з моменту постановки порожніх вагонів під навантаження до моменту прибуття на транспортно–вантажний комплекс, даних журналів обліку роботи гаражів, добових графіків роботи вантажної станції.

Дослідженнями передбачалося отримання тривалості розморожування сировини у вагонах при зміні температури довкілля по маршруту прямування маршрутних поїздів в діапазоні від 0 до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і тривалості транспортування від 21 до 42 годин.

Дослідженнями встановлено, що температура навколишнього середовища в цей період постійно коливається в діапазоні від  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зрідка вона досягає  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  і в переважній більшості випадків для умов Приазов'я становить  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При цьому визначальний показник процесу – тривалість розморожування сировини у вагонах змінюється в діапазоні від 1 до 21 години і в середньому становить 6 – 10 годин. Однією з умов ефективної роботи зазначеної технології вважається забезпечення синхронізації переробних спроможностей гаражів розморожування і розвантажувального комплексу.

Зимовий режим охоплює, як правило, три місяці – грудень, січень і лютий, при цьому температура навколишнього середовища коливається в діапазоні  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а тривалість не перевищує 31 день. Температура навколишнього середовища в пункті навантаження і по маршруту прямування коливається в ще більшому діапазоні. З наведених даних видно, що гаражі розморожування працюють у зимовому режимі 90,9 %, а в перехідному 9,1 % календарного часу.

Для оцінки режимів роботи гаражів розморожування проведений аналіз середньорічної кількості груп вагонів, розморожених при перехідному і зимовому режимах роботи.

Кількість вагонів в групі визначалась місткістю секції гаражів розморожування. Виконаний аналіз показав, що у зимовому режимі розморожено 76 – 78 % груп вагонів з сировиною, а при перехідному 22 – 24 %. Основна кількість груп вагонів розморожена при зимовому режимі в діапазоні тривалості від 6 до 10 годин.

З наведеного видно, що найбільша кількість маршрутних поїздів з сировиною (68,3 %) розформовується у зимовому режимі роботи гаражів розморожування і тривалості розморожування 6 – 11 годин, а найменша кількість маршрутних поїздів з сировиною (8,7 %) розформовується при тривалості розморожування 12 – 21 година.

При тривалості розморожування 1 – 5 годин і не повному відновленні сипучості, маса залишків сировини у вагоні може зменшуватися за рахунок повторних перекидань і додаткового

часу дії вібраторів на кузов вагону. Розморожування в інтервалі 6 – 21 година зумовлене зниженими температурами від -5 до -25 °С, що впливають на масову сировину за маршрутом прямування, в пунктах навантаження і вивантаження, а також скупченням і тривалим простоем вагонів зі змерзлою сировиною в очікуванні розморожування [4].

Проведений порівняльний аналіз варіантів розморожування сировини на транспортно – вантажному комплексі показав, що з причини відсутності методу визначення тривалості розморожування сировини у вагонах основним варіантом є варіант № 2. На цей варіант припадає до 71 % випадків.

Для визначення потрібних конструкційних параметрів гаражів, вдосконалено розрахунок переробної спроможності гаражів, який дозволяє встановлювати кількість секцій відповідно до потрібної переробної спроможності розвантажного комплексу.

Відомо, що переробна спроможність розвантажного комплексу визначається її ведучим – вантажним модулем, як детермінованою системою. Відповідно для забезпечення безперебійної роботи агломераційного виробництва вона має бути не менше добової потреби у сировині. Добова потреба у сировині приймається відповідно до технологічних нормативів на компоненти шихти для виробництва агломерату.

Для розв'язання сформульованої задачі необхідно синхронізувати роботу гаражів розморожування і розвантажувального комплексу з переробними спроможностями. Таким чином, запропонований комплексний підхід розв'язання задачі дозволяє в повній мірі оптимізувати роботу транспортно – вантажного комплексу при вивантаженні масової сировини.

На основі вищевикладеного можливо зробити такі висновки:

1. Дослідження особливостей оптимізації роботи транспортно – вантажного комплексу при вивантаженні сировини дозволили розробити технологічний процес розформування маршрутного поїзда з масовою сировиною і обміну груп вагонів в секціях гаража, а також технологічну схему прийому, підготовки і вивантаження маршрутних поїздів зі змерзлою сировиною на транспортно-вантажному комплексі.
2. Розроблені технологічні схеми розформування маршрутних поїздів для вивантаження при різних режимах роботи гаражів розморожування дозволили встановити, що найбільша кількість маршрутних поїздів з сировиною (68,3 %) розформується при зимовому режимі роботи гаражів і тривалості розморожування 6 – 11 годин, а найменша кількість маршрутних поїздів (8,7 %) розформується за тривалості розморожування 12 – 21 година.
3. На основі отриманого масиву даних, розроблено метод і модель визначення тривалості розморожування сировини у вагонах в діапазоні коливання температури навколишнього середовища і тривалості транспортування маршрутних поїздів з сировиною від 21 до 42 годин.
4. Оптимізація роботи транспортно – вантажного комплексу в умовах зміни тривалості розморожування сировини у вагонах досягається за рахунок синхронізації переробних спроможностей гаражів розморожування і розвантажувального комплексу, на основі встановлення кількості секцій у експлуатації відповідно до потрібної переробної спроможності розвантажувального комплексу.

## Література

1. Дженчако В.Г. Підвищення ефективності перевезення масової сировини на промислові підприємства у зимовий період / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2019. – № 21. – С. 224 – 237. <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/24835>
  2. Дженчако В.Г. Оптимізація взаємодії вантажної станції, гаражів розморожування і розвантажувального комплексу агломераційної фабрики при вивантаженні масової сировини / В. Г. Дженчако // Міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – 2021. – № 24. – С. 272 – 284.
-

3. Дженчако В.Г. Розробка методу оцінки пропускної спроможності гаражів розморожування транспортної системи промислового підприємства / В. Г. Дженчако // Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». Вип. 22. – 2021. – С. 21 – 27. <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247879>

4. Fomin, O., Lovska, A., Dzhenchako, V., Zhylinkov, O., Fomina, A., & Lytvynenko, A. (2022). Determining the features of temperature influence on the load-bearing structure of a hopper car with a composite cladding when transporting pellets to metallurgical enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(115)), 32 – 41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251300>;

5. Виявлення особливостей температурного впливу на несучу конструкцію вагона-хопера з композитною обшивкою при транспортуванні окатишів на металургійні підприємства [Електронний ресурс] / [О. В. Фомін, А. О. Ловська, В. Г. Дженчако та ін.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/251300>.

УДК 629.113

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В ЕЛЕМЕНТАХ БАРАБАННИХ ГАЛЬМ АВТОМОБІЛІВ

### MODELLING OF THE HEAT FLOW DISTRIBUTION IN ELEMENTS OF CAR'S DRUM BRAKES

Густав Гудз, Михайло Глобчак

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*Inability of Sharron's formula to properly evaluate heat flow distribution in car's drum brake, taking into account the thermophysical properties of friction pairs only, was determined. It was shown that modeling of this process let us also to take into consideration the impact of design – related and mode – related indicators of the brake.*

Важливою характеристикою, що визначає тепловий режим фрикційних вузлів гальмового механізму, є коефіцієнт розподілу теплових потоків, під яким розуміють відношення теплового потоку, що надходить в розглянутий елемент, до всієї кількості теплоти, що генерується в процесі гальмування, тобто

$$m = \frac{Q_{el}}{Q} \quad (1)$$

Деталі пар тертя виготовляються з матеріалів, що значно відрізняються за теплофізичними властивостями (табл. 1).

Таблиця 1

Теплофізичні характеристики елементів барабанного гальма

Параметри	Одиниці виміру	Значення	
		азбополімерні накладки на каучуковій основі	чавунний барабан
1. Густина	г/см <sup>3</sup>	2-2,5	7,3
2. Питома теплоємність	кДж/кг град	0,88-1,17	0,5
3. Теплопровідність	Вт/м град	0,4-0,52	29



Тому, як правило, коефіцієнт розподілу теплових потоків визначається з врахуванням різниці між потоками теплоти, що надходять в контртіла за формулою Ф. Шаррона [1]

$$m = \frac{\sqrt{\lambda_2 C_2 \gamma_2}}{\sqrt{\lambda_1 C_1 \gamma_1} + \sqrt{\lambda_2 C_2 \gamma_2}} \quad (2)$$

де  $\lambda, C, \gamma$  – відповідно коефіцієнти теплопровідності, питома теплоємність та густина матеріалу (індекс 1 стосується металічного контр тіла, індекс 2 – фрикційної накладки).

Останні дослідження стосовно дискових гальм показали [1], що коефіцієнт  $m$  залежить також від конструктивних параметрів гальм та показників режиму їхнього тестування [2]. Отже, доцільно розглянути теплову сіткову модель барабанного гальма за допомогою програмного комплексу «Фурє-2х, у, з», й отримати результати її дослідження.

### Література

1. Гудз Г. С. Розподіл теплових потоків в елементах дискових гальм автомобілів: монографія/Г. С. Гудз, М. В. Глобчак, М. М. Осташиук. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2014.- 110 с.
2. ДСТУ UN/ECER 13-09-2002/ Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій V, N, O, стосовно гальмування. (Правила ЄЕК ООН № 13.09:2002, ІДТ). – 196 с.

УДК 629.369

## ОБГРУНТУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ КРАН-МАНІПУЛЯТОРАМИ

### JUSTIFICATION OF THE ALTERNATIVE CONTROL SYSTEM OF AUTOMOBILE CRANE-MANIPULATORS

Олег Сукач, Юрій Габрієль, Віктор Шевчук

*Львівський національний університет природокористування  
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, 80381*

*Rational model of drive control is justified, a basic and electronic scheme was developed, an element base was selected and forged experimental equipment.*

Використання універсальних кран-маніпуляторних установок на автомобільних, самохідних та причіпних шасі дають можливість підвищити ефективність навантажувально-розвантажувальних операцій, зменшуючи при цьому кількість техніки та працівників, залучених до вантажопереробки поза межами складів [1].

Мета дослідження – обґрунтування раціональної моделі керування приводом крана-маніпулятора з такими конструктивними та експлуатаційними вимогами [2]:

- застосування простої та доступної системи управління, що забезпечує механізмам приводу маніпулятора інформативність, точність й слідкуючу дію механізмів під час переміщення;
- велика кількість степенів вільності шарнірних з'єднань, гнучкість та плавність роботи механізмів;

- можливість подальшого розширення функціональних можливостей та елементної бази (дистанційного керування, передачі відеозображення з вантажозахоплювача, сенсорів відстані, руху тощо).

Існують різні принципи та конструктивні рішення щодо розробки маніпуляторів: за типом приводу (пневматичний, електричний, гідравлічний, комбінований); рухливістю (стаціонарний, мобільний); системою координат переміщення (прямокутна, циліндрична, сферична, ангулярна); способом управління (механічний, електричний, електронний).

Головними питаннями, що виникають під час розробки маніпуляторів – вибір кінематичної схеми, структури елементної бази та алгоритму роботи. Прогресивні й технологічні маніпулятори подібні до людської руки, мають плече, кисть і зап'ястя, а також мають можливість рухатись з аналогічними ступенями вільності (ангулярна система). Тоді як для простіших операцій досить лише два ступені рухливості (прямокутна, циліндрична система).

Можливість переміщатись в циліндричній системі координат дозволяє розширити робочу зону маніпулятора та обертатись навколо своєї осі на 360 град. Сферична система являє собою робочу зону в вигляді сфери й забезпечує маніпулятору універсальність і покращення технічних можливостей. Однак така кінематична схема складніша за попередні, тому виникають труднощі з складністю виконання механізмів, їх міцності, стійкості та управління. Виконаний за такою схемою маніпулятор може переміщатися складнішою траєкторією і використовуватися для складних маніпуляцій.

Запропонована принципова схема та конфігурація маніпулятора дозволяє використовувати широку робочу зону, завдяки переміщенню поворотного модуля у циліндричній системі координат. У той час вантажозахоплювач переміщається у сферичній системі, за рахунок чого досягається його висока гнучкість. Точність й повторюваність системи забезпечується роздільною здатністю керуючих сигналів, люфтів у з'єднаннях, алгоритмів керування та зовнішніх впливів. Управління маніпулятором включає декілька функціональних блоків: генерування та сприйняття сигналів, опрацювання даних та силового приводу виконавчих механізмів. Принципова схема маніпулятора наведена на рисунку 1.

На наступному етапі здійснено обґрунтування, вибір технології та елементної бази для реалізації принципової схеми управління маніпулятором (рис.1). Здійснено підбір компонентів для забезпечення алгоритму роботи гідро- та електроприводу усіх ланок маніпулятора.

Для силового приводу сформовано гідравлічний блок з електронно-керованими розподільниками та блок живлення напругою 5/24 В. Для гідроприводу використано гідростанцію НРР 160/6/0,75 потужністю 0,75 кВт з максимальним робочим тиском 315 бар, продуктивністю до 40 л/хв. Монтаж блока розподільників здійснюється через набірний каскад монтажних плит з запобіжними клапанами (рис. 2). Найбільш ефективною та простою відносно конструкції та надійності роботи є типова гідравлічна схема підключення («схема 64»). Відповідно до запропонованої схеми використано електроннокеровані гідророзподільники серії WE6G з можливістю стандартизованого плитного монтажу, завдяки чому досягається загальна простота конструкції та компактність гідроблоку керування.

Реалізована система керування містить такі елементи: блок живлення 24В 5А, контролер Arduino Mega, драйвери керування електромагнітними клапанами системи гідроприводу на базі мікросхем L298 – 2 шт., джойстики керування з кнопками – 2 шт., сервопривід руки-захвату, елемент перетворювача DC/DC з вихідною напругою 7В для живлення сервоприводів [3].

Для управління виконавчими механізмами маніпулятора використано апаратну платформу з мікроконтролером Arduino з програмним середовищем розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++. Перевагою використання даної платформи є

---

доступність електронних компонентів та відкритих програмних кодів (стандартних бібліотек), які є у вільному доступі, для найбільш популярних схем управління. На більшості плат Arduino бібліотека Servo підтримує керування не більше 12 сервоприводами, тоді як на Arduino Mega – 48.

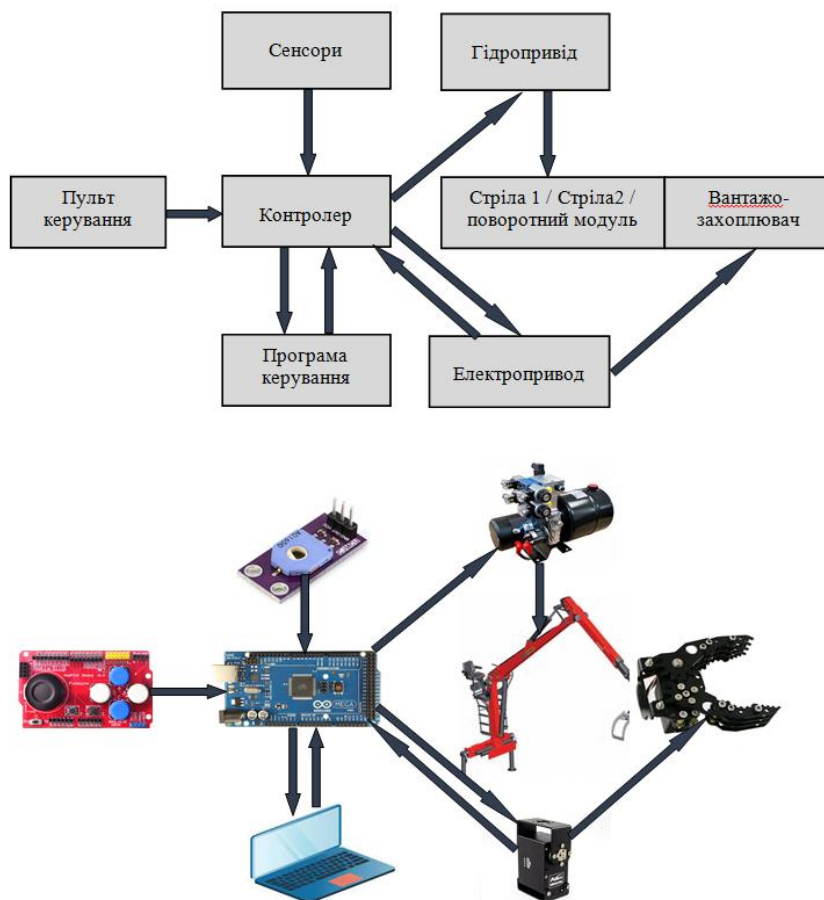


Рис. 1. Принципова та елементна схеми кран-маніпуляторної установки

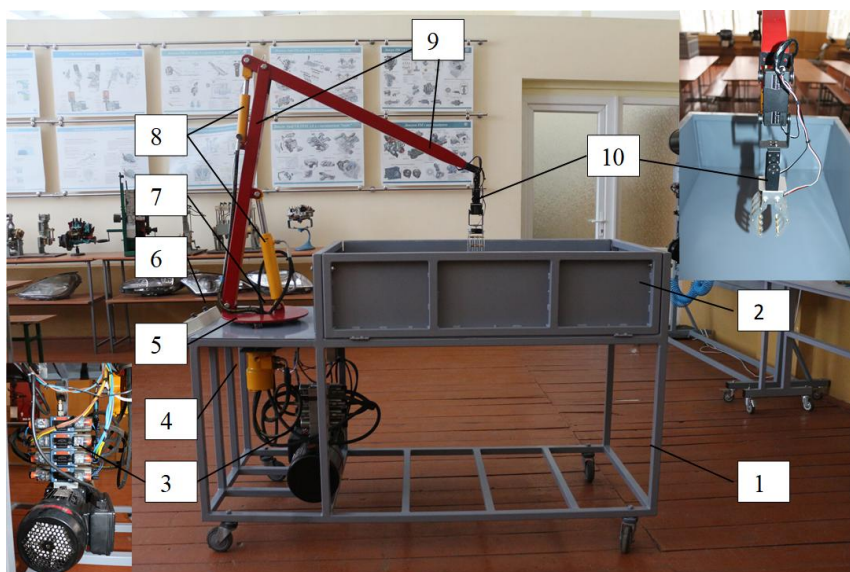


Рис. 2. Електронно-керований кран-маніпулятор: 1 – монтажна рама; 2 – вантажна платформа з відкидними бортами; 3 – гідростанція для гідроборта НРР 160/6/0,75; 4 – поворотний механізм; 5 – монтажна плита поворотного модуля; 6 – пульт керування; 7 – поворотний модуль; 8 – гідроциліндри; 9 – перша та друга стріла; 10 – вантажозахоплювач з сервоприводом

Використання запропонованої технології та схеми електронного керування забезпечує управління складною системою приводів, дозволяє проводити гнучкі налаштування за потребою користувача. Наприклад, керувати кран-маніпулятором дистанційно через радіоканал чи обмежити величину ходу в певних напрямках.

### **Література**

1. *Проблеми транспортно-логістичного забезпечення в аграрній галузі: монографія* / Н.Г. Бережна, О.С. Біляєва, В.А. Войтов, О.М. Горяїнов, М.В. Карнаух, А.Г. Кравцов, О.В. Кутья, Д.О. Музильов, Н.Ю. Шраменко // Харків: Міськдрук, 2019. 180 с.
2. *Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини: підручник* / О.М. Лівінський, О.І. Курок, Л.Є. Пелевін, М.Г. Маліч, В.М. Коваленко, В.Я. Бабиченко, І.В. Русан, В.О. Воляннюк, Д.О. Міщук, Г.М. Мачишин. Київ: «МП Леся», 2016. 677 с.
3. *Бороденко Ю.М., Дзюбенко О.А., Биков О.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля.* Харків: ХНАДУ, 2015. 263 с.

**УДК 656.13**

## **ПРО ОПТИМІЗАЦІЮ РЕЖИМІВ РОБОТИ СВІТЛОФОРІВ З УРАХУВАННЯМ ПРІОРИТЕТУ РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ**

**ABOUT THE OPTIMIZATION OF THE MODE OF TRAFFIC LIGHT TAKING INTO  
ACCOUNT THE PRIORITY OF TRAMS**

**Артур Ренкас, Іван Паснак**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007*

*It is proposed to use adaptive regulation, which involves adjusting the traffic light cycle in the presence of tram traffic. According to the modeling results, the mode of operation of the traffic signal was chosen with the minimization of the negative impact on the environment.*

Дослідження зміни параметрів транспортних потоків за різних прийомів надання пріоритету громадському транспорту є актуальним питанням сьогодення. В першу чергу, для тих ділянок вулично-дорожньої мережі, де зміна схеми руху може бути реалізована лише організаційними заходами (заборона маневрів, зміна черговості проїзду, зміна режимів роботи світлофорної сигналізації тощо).

Основними завданнями досліджень було визначення прийнятних режимів світлофорного регулювання на перехрестях, які забезпечують пріоритет в русі громадського транспорту. На окремому етапі проведено дослідження зміни показників транспортних потоків на перехрестях за різних режимів роботи світлофорної сигналізації методом імітаційного моделювання. На іншому етапі обґрунтовано режими роботи світлофорної сигналізації на перехрестях із наданням пріоритету громадського транспорту за критерієм мінімальних затримок другорядних напрямків[1].

Досліджуваним об'єктом є ділянка вул. Чупринки у м. Львові, яка відноситься до магістральних вулиць районного значення. Головною особливістю, яка зумовлює режим руху

на ній, є наявність трамвайної колії, по якій пролягає маршрут №2. Покриття комбіноване – плити під трамвайні колії та бруківка. Вздовж ділянки вулиці розташовані 3 регульовані перехрестя: перехрестя №1 вулиць Чупринки – Мельника – Моршинська; перехрестя №2 вулиць Чупринки – Горбачевського; перехрестя №3 вулиць Чупринки – Київська – Нечуй-Левицького – Котляревського (рис. 1).

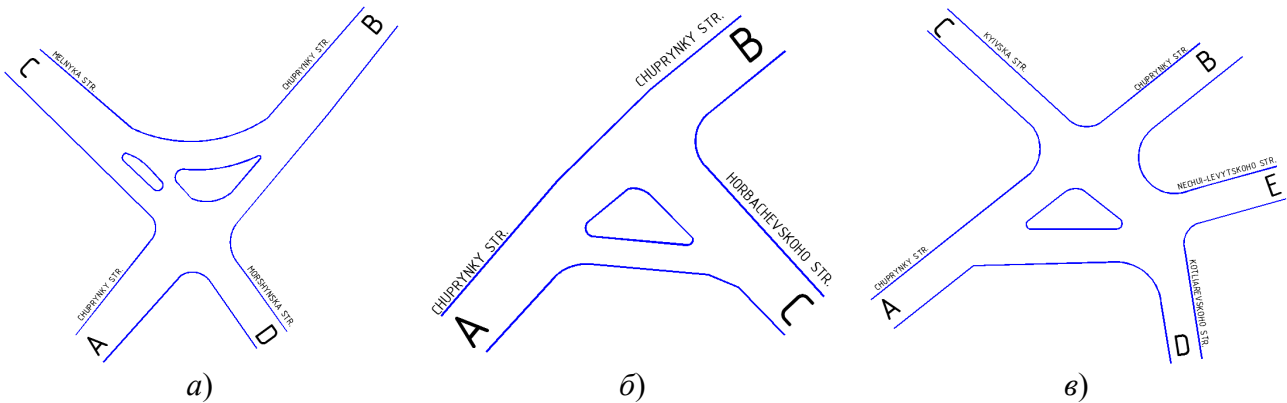


Рис. 1. Схема розташування регульованих перехресть:  
а – перехрестя № 1; б – перехрестя № 2; в) перехрестя 3

На цих перехрестях визначено інтенсивності транспортних потоків на усіх напрямках у ранковий та вечірній пікові періоди. Дані щодо інтенсивностей транспортних потоків за напрямками є вхідними як для розрахунку базисної системи світлофорної сигналізації на перехрестях, так і в процесі створення імітаційних моделей.

Найбільш популярними програмними продуктами для моделювання дорожнього руху є Corsim, Aimsun, Paramics, Integration та Sumo [2-4]. Велика кількість робіт базується на дослідженнях, проведених в програмному середовищі Vissim, оскільки воно вимагає мінімальних затрат часу на його опанування та має широкий і зрозумілий функціонал [5]. В цій роботі дослідження виконувалось в програмі Vissim, оскільки вона найкраще підходить для інтерпретації та подальшого аналізу результатів.

Для того, щоб провести дослідження зміни ефективності режимів роботи світлофорної сигналізації, розраховано тривалості світлофорних циклів на перехрестях відповідно до наявної інтенсивності руху та коригованих потоків насичення. Жорсткі режими світлофорної сигналізації також є базою для впровадження адаптивного регулювання.

Проведений перерахунок жорстких світлофорних циклів для усіх регульованих перехресть вказує на те, що за відсутності пріоритизації руху громадського транспорту, тривалість світлофорних циклів становить від 28 до 34с. Адаптивне регулювання реалізовується за спеціальними алгоритмами, оскільки немає потреби у постійному продовженні тривалості фаз регулювання. Для цього можна використовувати наявні детектори наближення трамвайних вагонів. Тривалість часу, необхідного трамваю для проїзду власної довжини становить 6-8 с; для розрахунків обрано 7 с.

Таким чином, отримуємо таке: тривалості світлофорних циклів є меншими, ніж при жорсткому регулюванні на цих перехрестях, тим більше, що при появі трамвайних вагонів тривалість циклів збільшується до тих пір, поки вони не покинуть перехрестя. Окрім цього, недоліком існуючого адаптивного алгоритму є те, що при появі трамвайних вагонів відбувається дострокове завершення зеленого сигналу для другорядного напрямку.

Моделювання руху проводилось для трьох регульованих перехресть, найбільша увага приділена перехрестю №2 Чупринки – Горбачевського, оскільки умови руху на ньому значно

впливають на затримки транспортних засобів вздовж вул. Чупринки та прилеглих вулиць. В моделях враховані три типи регулювання, а дослідження проводились методом зміни інтенсивності руху на підходах до перехрестя та визначенні середньої та максимальної довжин черг. За результатами моделювання визначались середня і максимальна довжина чери для кожного перехрестя.

Для визначення чіткого добового графіку перемикання режимів роботи світлофорної сигналізації, варто спрогнозувати інтенсивність руху за допомогою коефіцієнтів добової нерівномірності (за годинами доби). Відомо, що при сумарній інтенсивності руху на перехресті менше 600 од/год варто переводити світлофорні об'єкти в режим жовтого миготливого сигналу (ЖМ). Результати розрахунків добової інтенсивності руху зображені у вигляді графіку на рис. 2.

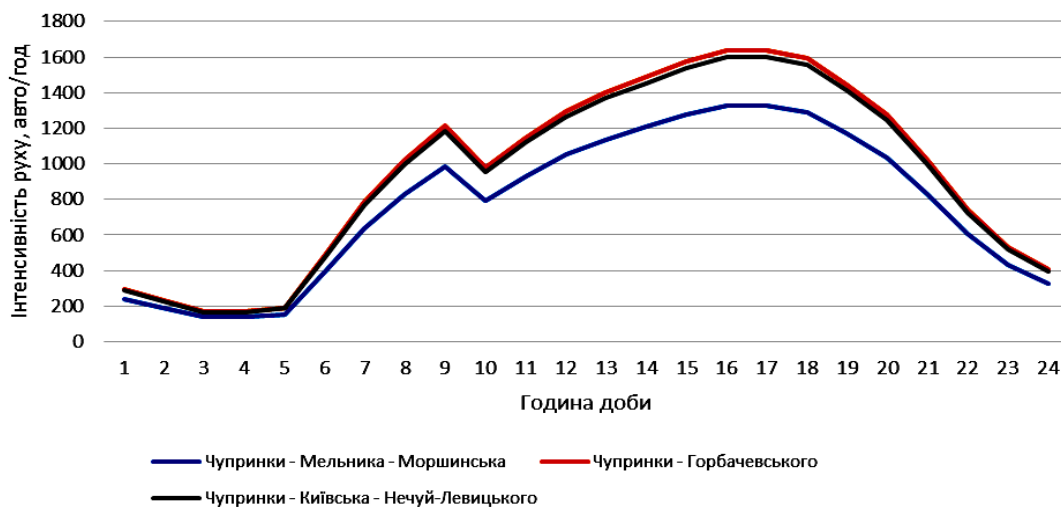


Рис. 2. Прогнозування інтенсивності руху на перехрестях з вул. Чупринки протягом доби

Пропоновані режими роботи світлофорної сигналізації наведені в таблиці 1.

Таблиця 1  
Таблиця 1

**Пропонована зміна режимів регулювання на перехрестях з вул. Чупринки**

Година доби	Перехрестя			Година доби	Перехрестя		
	№1	№2	№3		№1	№2	№3
1	ЖМ	ЖМ	ЖМ	13	Тип 2	Тип 3	Тип 3
2	ЖМ	ЖМ	ЖМ	14	Тип 2	Тип 3	Тип 3
3	ЖМ	ЖМ	ЖМ	15	Тип 2	Тип 3	Тип 3
4	ЖМ	ЖМ	ЖМ	16	Тип 2	Тип 3	Тип 3
5	ЖМ	ЖМ	ЖМ	17	Тип 2	Тип 3	Тип 3
6	ЖМ	ЖМ	ЖМ	18	Тип 2	Тип 3	Тип 3
7	ЖМ	Тип 3	Тип 3	19	Тип 2	Тип 3	Тип 3
8	Тип 2	Тип 3	Тип 3	20	Тип 2	Тип 3	Тип 3
9	Тип 2	Тип 3	Тип 3	21	Тип 2	Тип 3	Тип 3
10	Тип 2	Тип 3	Тип 3	22	ЖМ	Тип 3	Тип 3
11	Тип 2	Тип 3	Тип 3	23	ЖМ	ЖМ	ЖМ
12	Тип 2	Тип 3	Тип 3	24	ЖМ	ЖМ	ЖМ

Такі режими перемикання світлофорної сигналізації забезпечать мінімізацію транспортних затримок на перехрестях.

Для кожного перехрестя досліджено і запропоновано режим роботи світлофорної сигналізації з урахуванням трамвайного руху. На першому перехресті рекомендовано залишити

існуючий алгоритм проектування. На другому та третьому – алгоритми, які передбачають збільшення тривалостей основних тактів на 6-8 с при появі трамвайних вагонів. Відомо, що для кожного окремого регульованого перехрестя існує свій оптимальний режим роботи світлофора із наданням пріоритету громадському транспорту. Так, за певних складностей в конфігурації деяких вузлів (ділянки підйомів перед перехрестями, великі відстані до стоп-ліній тощо) затримка на другорядному напрямку може набувати критичних значень і співвідношення економії часу маршрутним транспортним засобом до втрат індивідуального транспорту на іншому напрямку може сягати 1:30. В такому разі рекомендується переглянути адаптивні алгоритми роботи світлофорної сигналізації та за допомогою моделювання обирати той, за якого сумарні затримки усіх транспортних засобів на перехресті будуть мінімальними.

### **Література**

1. Pasmak, I., & Renkas, A. (2021). *Justification of traffic signaling modes at intersections considering the priority of public transport. Transport technologies, 2(1), 13-24.*
2. Azlan, N. N. N., & Rohani, M. M. (2018). *Overview of application of traffic simulation model. In MATEC Web of Conferences (Vol. 150, p. 03006). EDP Sciences (in English).*
3. Shaker, H., & Bigdeli Rad, H. (2018). *Evaluation and Simulation of New Roundabouts Traffic Parameters by Aimsun Software. Journal of Civil Engineering and Materials Application, 2(3), 146-158 (in English).*
4. Yu, M., & Fan, W. D. (2017). *Calibration of microscopic traffic simulation models using metaheuristic algorithms. International Journal of Transportation Science and Technology, 6(1), 63-77 (in English).*
5. Ramadhan, S. A., Joelianto, E., & Sutarto, H. Y. (2019). *Simulation of Traffic Control Using Vissim-COM Interface. Internetworking Indonesia Journal, 11(1), 55-61. (in English).*

**УДК 656.1**

## **АНАЛІЗ ЗАГАЗОВАНOSTІ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ ТРАНСПОРТОМ ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМІВ ЇЇ ЗНИЖЕННЯ**

### **ANALYSIS OF TRANSPORT POLLUTION AND DETERMINATION OF DIRECTIONS FOR REDUCING CITY STREET POLLUTION**

**Микола Бойків, Богдан Гачко, Юрій Франт**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The article analyzes gas pollution from road transport along the city's main street and identifies the main factors affecting atmospheric air pollution.*

Автомобілі забруднюють довкілля оксидами сірки, азоту та карбону, сажею та дрібнодисперсними частками, що викидаються у повітря з відпрацьованими газами.

Концентрація токсичних речовин у відпрацьованих газах змінюється у великих межах. Кількість токсичних викидів залежить від конструкції двигуна, виду палива, режиму роботи

двигуна, природних умов території тощо. Окрім забруднення повітря, транспорт є джерелом приблизно значної кількості викидів парникових газів в нашій державі, що зумовлюють зміну клімату [1].

Аналіз транспортної ситуації в Україні показує, що під час організації пасажирських перевезень відсутній дієвий контроль за рівнем екологічності транспортних засобів (ТЗ) [2]. Велика частка пасажирських перевезень здійснюється автобусами. Незважаючи на те, що електротранспорт, за своїм принципом роботи, є екологічнішим видом транспорту. На сьогодні у нашій державі спостерігається тенденція до скорочення парку та інфраструктури міського електро-транспорт, значний відсоток якого виробив свій ресурс і потребує заміни.

В автотранспортних підприємствах відсутній контроль за дотриманням екологічних стандартів при закупівлі палива, ремонті та експлуатації транспортних засобів. В Україні законодавчо не регламентується термін експлуатації рухомого складу на вулицях міста, що призводить до експлуатації морально застарілої техніки і не відповідає актуальним екологічним нормам.

Найбільше забруднюючих речовин викидається з відпрацьованими газами у режимі роботи двигуна на холостих обертах. Це трапляється під час зупинки автотранспорту на світлофорах, пішохідних переходах та у заторах чи «тягучках», які стали типовим явищем в українських містах. Також у свою чергу мережа вулиць і доріг у містах має значну кількість негативних чинників, які пов'язані з погіршенням стану навколишнього міського середовища [3]. У зв'язку із збільшенням загазованості міського середовища у м. Львові та його негативним впливом на громадські простори було проведено дослідження концентрації викидів CO<sub>2</sub> (вуглекислий газ) від транспортних засобів вздовж магістральної вулиці Зелена (від в'їзду у місто до центральної частини). Визначення рівня концентрації CO<sub>2</sub> здійснювалось за допомогою газоаналізатора Tenmars TM-801 на перехрестях з вулицями та ділянках між перехрестями. Результати дослідження зміни концентрації CO<sub>2</sub> вздовж вулиці Зелена наведено на рис. 1.

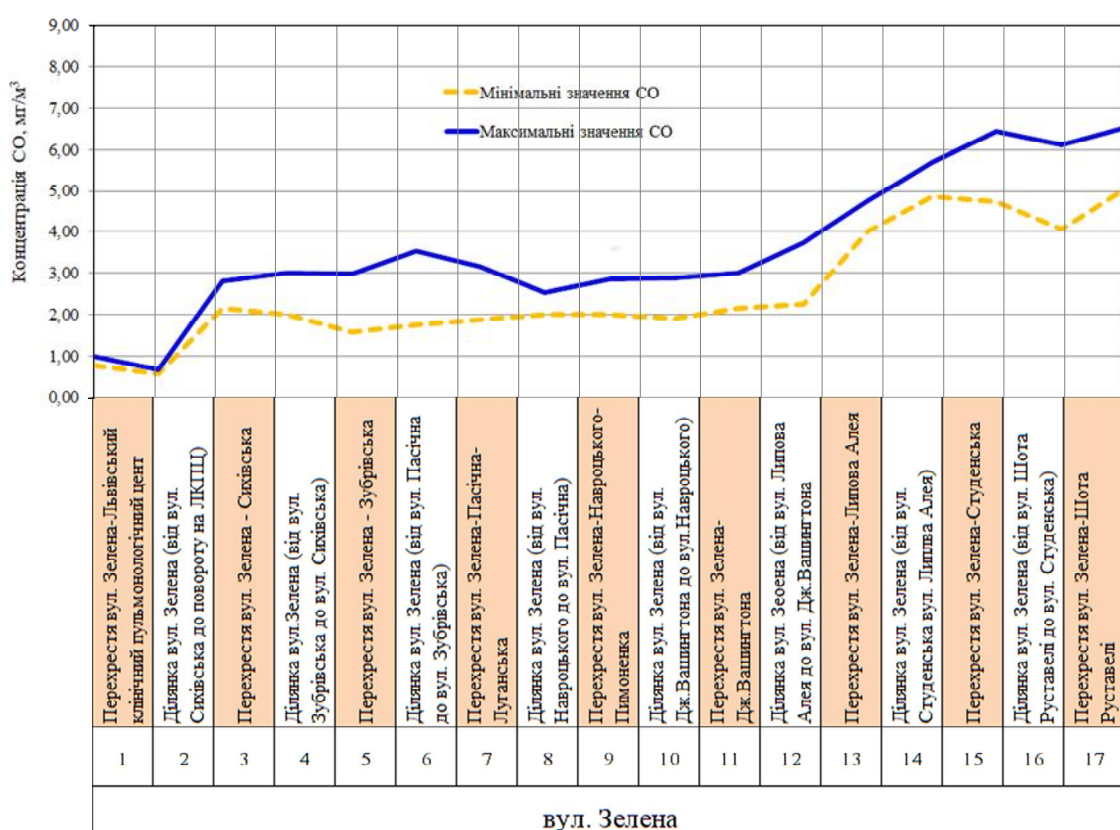


Рис. 1. Результати дослідження зміни концентрації CO<sub>2</sub> на магістральній вулиці Зелена



Дослідження концентрації CO<sub>2</sub> проводилось в піковий період доби на 9 перехрестях та восьми ділянках вул. Зелена. З початку в'їзду в місто рівень концентрації CO<sub>2</sub> був незначним і коливався в межах 1-3 мг/м<sup>3</sup>. В подальшому, під час руху на ділянці вулиці та на підходах до перехрестя концентрація викидів CO<sub>2</sub> дещо стабілізувалась і не перевищувала 3,5 мг/м<sup>3</sup>. Однак, починаючи від перехрестя вул. Зелена-Липова Алея, коли інтенсивність руху з наближенням до центральної частини міста почала зростати та на підходах до регульованих перехресть спостерігалось накопичення черг автомобілів, то рівень загазованості зростає і максимальна концентрація CO<sub>2</sub> коливалась в межах 4-6,5 мг/м<sup>3</sup>. Такий рівень викидів CO<sub>2</sub> на вулиці Зелена зумовлений ростом рівня завантаження проїжджої частини, ростом черг ТЗ на підходах до складних перехресть та режимом руху ТЗ з наближенням до центральної частини міста.

У подальшому особливої уваги потребує вивчення питання зменшення фактичних викидів від автотранспорту та підвищення рівня екологічної безпеки міських вулиць. Актуальним завданням у містах постає потреба в удосконаленні організації руху, підвищенні пропускної здатності вулично-дорожньої мережі і ефективності функціонування міської транспортної інфраструктури з урахуванням зниження рівня її загазованості.

### Література

1. Клименко М. О., Пилипенко Ю. В., Мороз О. С. *Екологія міських систем : підручник*. Херсон : Олді-плюс, 2012. 294 с.
2. *Екологія міських систем : навчальний посібник. Частина 2. Екологічна безпека* / О. М. Климчик, А. П. Багмет, Є. М. Данкевич, С. І. Матковська. Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет; Видавець О. О. Євенок, 2017. 457 с.
3. *Міська екологія : навч. посіб.* / Т. О. Шилова ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури, ВСП «Ін-т післядиплом. освіти». Київ : КНУБА, 2015. 199 с.

УДК 656.25: 621.318

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ШЛЯХОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД В СТРУМІ АЛСН

## IMPROVING TRAIN TRAFFIC SAFETY USING CONTINUOUS MONITORING OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCES IN ALSN CURRENT

Володимир Гаврилюк<sup>1</sup>, Олег Возняк<sup>2</sup>, Костянтин Радзіховський<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Український державний університет науки і технологій,  
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*The paper investigates the use of continuous wavelet transform of automatic locomotive signalling current.*

Електрифіковані залізниці є одним із найпотужніших джерел електромагнітних завад у широкому частотному діапазоні, вплив яких на системи сигналізації та зв'язку може призвести до збоїв в їх роботі і виникненню небезпечних ситуацій для руху поїздів. Основним

джерелом електромагнітних завад на залізниці є система тягового електропостачання, яка складається з контактного проводу з'єданого з електричною підстанцією. Зворотній тяговий струм повертається на тягову підстанцію рейками. У більшості систем сигналізації рейки використовуються як провідники для утворення рейкових кіл, які є основним датчиком вільного чи зайнятого стану блок ділянки перед рухомим поїздом. Одночасно рейки використовуються у системі автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії (АЛСН) як канал передачі показань прохідних світлофорів у кабіну машиніста. Таким чином, для забезпечення безпеки руху поїздів необхідно забезпечити надійну і безвідмовну роботу як рейкових кіл, так і автоматичної локомотивної сигналізації. За кодовий струм в рейкових колах використовується амплітудно-модульований струм, який протікає рейками і утворює електрорушійну силу (ЕРС) в котушках (антенах) локомотива, що розміщені над рейками. Команди в АЛСН кодуються різною кількістю імпульсів за період АМ-сигналу. Внаслідок низької завадостійкості АМ-сигналів електромагнітні завади можуть спотворювати коди в рейках.

Для забезпечення правильності передачі команд АЛСН в кабіну машиніста періодично, відповідно до плану технічного обслуговування, перевіряють рівень електромагнітних завад та основні параметри кодового струму на відповідність нормативним параметрам. Кодовий струм, зафіксований приймальними котушками вагона-лабораторії реєструється комп'ютером, після чого оператор візуально аналізує записаний сигнал АЛСН для виявлення проблемних ділянок залізниці із завадами, які перевищують граничний рівень. Такий аналіз вимагає багато часу та не забезпечує необхідної точності. Тому автоматичне виявлення та ідентифікація проблемних сегментів у сигналі АЛСН є важливим завданням.

Для виявлення електромагнітних завад у сигналі АЛСН використовується дискретне перетворення Фур'є (ДПФ). Реальний сигнал АЛСН є негармонічним, нестаціонарним, містить випадкові неперіодичні складові, тому ДПФ непридатне для точного визначення рівня завад в кодовому струмі. В останні десятиліття вейвлет-аналіз став потужним інструментом обробки сигналів, який широко використовується для аналізу нестаціонарних сигналів у багатьох практичних застосуваннях. Вейвлет-перетворення (ВТ) дозволяє аналізувати одночасно характеристики сигналу в часовій і частотній областях, однак, на відміну від ДПФ, вейвлет-аналіз використовує короткочасний хвилеподібний сигнал, довжина якого змінюється під час аналізу залежно від параметрів сигналу. Ця властивість ВТ робить його ефективним для ідентифікації особливостей безперервних нестаціонарних сигналів. Зокрема, в багатьох роботах активно обговорювалася ефективність ВТ для аналізу якості електроенергії.

Метою цієї роботи є дослідження використання безперервного вейвлет-перетворення для аналізу струму автоматичної локомотивної сигналізації.

Вейвлет-перетворення можна розділити на три класи: безперервне, дискретне та з високою роздільною здатністю. Безперервне вейвлет-перетворення СWT дає надмірне представлення сигналу порівняно з дискретними типами перетворення, однак ідеально підходить для аналізу нестаціонарних сигналів. Оскільки СWT використовує короткохвильові коливання, їх роздільна здатність за частотою та часом визначається, в основному, типом і параметрами вейвлета, який використовується. Для аналізу струмів у рейках було обрано аналітичний вейвлет-Морзе, який найбільше підходить для аналізу струмів з амплітудою та частотою, які змінюються у часі, а також для виявлення локальних спотворень сигналу.

Для проведення досліджень були виміряні десять сигналів АЛСН на виході приймальних котушок АЛСН, отримані при проїзді вимірювальної вагон-лабораторії на різних ділянках залізниці з тягою змінного струму. Сигнальний струм в рейках має частоту 25 Гц. Часова залежність струму АЛСН, виміряного в рейках, що має довжину 15 кодових періодів і його спектр наведені на рис. 1. На рис. 2 наведена часова залежність і спектр цього струму, які виміряні впродовж одного періоду.

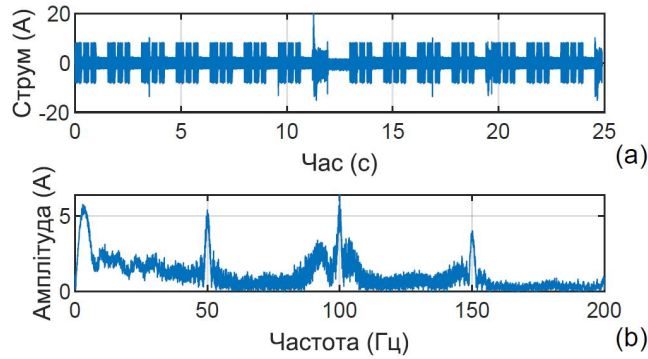


Рис. 1. Часова залежність струму АЛСН довжиною в 15 кодових періодів (а) і спектр струму (б).

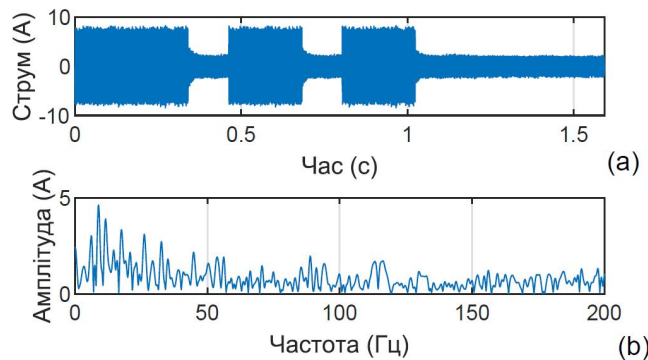


Рис. 2. Часова залежність струму АЛСН довжиною в один кодовий період (а) і спектр струму (б)

З рисунків видно, що спектральний склад цих двох відрізків одного і того ж сигналу відрізняються, що не дозволяє виміряти значення сигнального струму частотою 25 Гц, та параметри завад.

На рис. 3 наведено спектр сигнального струму отриманого за допомогою безперервного вейвлет-перетворення з використанням Вейвлету типу Морзе з параметрами, вибраними відповідно до виконаного тут аналізу.

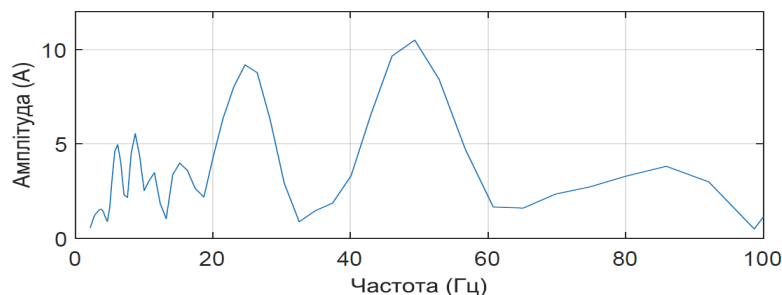


Рис. 3. Спектр кодового струму АЛСН, отриманий з використанням SWT перетворення.

З рис. 3 видно, що у спектрі струму в рейках присутній пік частотою 25 Гц, що відповідає сигнальному струму АЛСН і завада частотою 50 Гц, обумовлена різницею тягових струмів у двох рейках.

Проведені дослідження підтвердили перспективність використання безперервного вейвлет-перетворення для аналізу струму автоматичної локомотивної сигналізації.

УДК 656.13

## ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОТРАНСПОРТОМ

### IMPLEMENTATION OF A MODERN SYSTEM OF SATELLITE MONITORING OF CARGO TRANSPORTATION BY MOTOR VEHICLES

Євген Пруський, Ігор Вікович

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*In the 90s of the 20th century, civilians were given access to military satellite navigation systems – NAVSTAR (GPS) and GLONASS. Based on them, the development of technologies and the satellite radio navigation market in various fields had begun. These technologies made it possible to obtain data on the location of any transport units in space and time.*

На початку 2000-х років розроблено доступний для комерційних споживачів продукт у вигляді систем супутникового моніторингу вантажоперевезень в реальному часі, який можна застосовувати в будь-якому місці земної кулі (обмеженнями стали лише приполярні зони). Це надало можливість власникам бізнесу вантажоперевезень в реальному часі на екранах комп'ютерів контролювати процес перевезень. Ця властивість і стала першою можливістю і ознакою систем "СМВА" – систем Супутникового Моніторингу Вантажоперевезень Авто-транспортном. Уся сукупність інформації, яку можна отримати в результаті функціонування системи, дозволяла створювати автоматизовані системи керування транспортними, вантажними й пасажирськими потоками.

Слід відзначити, що поява перших систем "СМВА" породила клас так званих «транспортних телематичних пристроїв». Це, насамперед, різноманітні датчики визначення різних параметрів автомобіля (рівень палива, кількість обертів двигуна, навантаження на вісь, і багато інших). А також так звані трекери, тобто центральний пристрій на автомобілі для інтеграції показників різних встановлених датчиків і передачі їх через зв'язок для обробки в системі "СМВА" (сучасні трекери допускають і зворотній зв'язок від системи до трекеру).

У газузі вантажоперевезень поява систем "СМВА" і «транспортних телематичних пристроїв» стала одним з найбільших проривів за останнє століття. На перших порах почався бурхливий ріст систем "СМВА". У розвинених країнах з'явилися сотні відповідних систем бізнес-класу від різних малих і середніх фірм. Але подальший розвиток цих систем йшов за законами бізнесу. Сьогодні у світі різко скоротилася кількість систем "СМВА". Залишилися тільки такі системи, функціонал яких значно перевищив можливості простого визначення місцезнаходження і нескладного керування на базі нескладних технічних рішень.

Сучасна система «СМВА» – це не просто система "моніторингу", а значно ширша і складніша система. Відштовхуватися в її визначенні треба від 3-х її базових (материнських) технологій.

Отже, система "СМВА" – це програмно-апаратний комплекс (ПАК), поєднання і сумісне використання технологій супутникових навігаційних систем, технологій мобільного телефонного зв'язку, комп'ютерних технологій і який (комплекс) використовується з метою підвищення економічної ефективності вантажоперевезень автотранспортом.

Виходячи з вищенаведеного визначення терміну системи "СМВА", наведемо його головні сучасні риси на початок 20-х років 21-го століття.

Система "СМВА" з боку супутникових навігаційних систем є сучасною, якщо має більшість наступних рис:

- може працювати в системах NAVSTAR (GPS) і/або ГЛОНАСС, і допускає використання систем Бейдоу і Галілео;
- використовує максимальну кількість споживацьких функцій для цивільного вжитку;
- дозволяє визначати найвищі показники точності геолокації для невійськового використання.

З боку мобільного телефонного зв'язку система є сучасною, якщо має більшість таких рис:

- може працювати у найновіших стандартах мобільного зв'язку;
- дозволяє використовувати гнучкі тарифні плани;
- дозволяє використовувати різноманітні додаткові сервіси;
- дозволяє оперативно і різноманітно поповнювати рахунки зв'язку.

З боку комп'ютерних технологій система є сучасною, якщо:

- головна програма може працювати в операційних системах (ОС) WINDOWS або LINUX;
- головна програма має варіант встановлення або на сервер користувача, або на так званий "хмарний" сервіс;
- має варіант підключення "тонкий" клієнт (вимагає встановлення географічних карт безпосередньо на комп'ютер користувача);
- допускає використання різноманітних гаджетів на різних мобільних ОС типу Android і інших;
- має варіант WEB-орієнтованого користування (використовуються онлайн карти, що підвантажуються за необхідності з мережі Internet в різних форматах);
- легко масштабується під обробку інформації від кількох вантажівок то тисяч одиниць;
- програмне забезпечення має клієнто-орієнтований дружній інтерфейс, розвинуту підказку під час функціонування, якісну документацію користувача, є демо-версія для ознайомлення з роботою, можливість клієнта налаштовувати прикладні параметри, самостійно розробляти і підключати вихідні форми звітності;
- підтримка клієнтів існує в вигляді 24/7, питання можна задавати в телефонному вигляді або по e-mail;
- в мережі Internet існує і підтримується в актуальному стані сайт розробника, присвячений системі, з функціями: опис, демо-приклад, новини, зворотній зв'язок з клієнтами, форум користувачів, відгуки від користувачів тощо, наведено дані про різних діючих користувачів системи (це надає можливість фактично оцінити якість системи).

Оцінкою сучасності системи "СМВА" вважається відповідний перелік і якість використовуваних транспортних телематичних приладів, причому, признаком сучасності є:

- допустимість використання приладів від різноманітних виробників (національних і міжнародних), тобто виключений факт, що "СМВА" працює тільки на обладнанні самого розробника або 1-2 його партнерів-виробників апаратури;
  - наявність широкої гами по функціоналу і ціні приладів одного призначення (це дає можливість підібрати оптимальні по потребам і ціні прилади для користувача);
  - великі терміни гарантії (від 1 року і, навіть, до 5-10 років);
-

- оперативне оновлення асортименту доступних датчиків;
- наявність оперативної підтримки сервісу діагностики, ремонту, заміни датчиків.

І останнім, найважливішим пунктом оцінки сучасності системи "СМВА", є огляд з точки зору прикладних функцій. Тут треба почати з того, що будь-яка професійна система "СМВА" має так званий базовий перелік прикладних функцій.

Перелік головних функцій, які з'явилися першими ще на початку зародження галузі такі: визначення геолокації автомобіля, швидкості, точного часу і напрямку руху, рівень палива в баку, відображення на екрані і зберігання маршруту, диспетчеризація, формування звітності по експлуатації в розрізі вантажівок і їх типів, прізвищ водіїв тощо.

Наведемо розширений приклад базових функцій, зокрема:

- підключення і конфігурація трекерів в системі;
- підключення і конфігурація датчиків в системі;
- моніторинг поточного положення вантажного автомобіля на карті;
- контроль за станом приладів і датчиків автомобіля;
- перегляд маршруту руху і пробігу автомобіля за обраний проміжок часу;
- створення цікавих точок і геозон на карті;
- контроль руху від/до геозони;
- управління об'єктами моніторингу за допомогою SMS-команд;
- створення маршрутів і дорожніх точок, контроль за дотриманням маршруту;
- налаштування сповіщень, відправлених системою при виникненні певних подій (перевищення швидкості, відведення палива і т.д.);
- налаштування шаблонів звітів, виконання звітів;
- побудова графіків на основі системних даних.

Додатковий рівень і кількість прикладних функцій у системах "СМВА" може відрізнятися залежно від виробника. У деяких системах "СМВА" може бути кілька десятків, а у інших – близько 70-100 (рідко зустрічається близько 200). Треба відзначити, що у більшості систем "СМВА" для замовника є вибір між простим варіантом (базується на базових функціях з невеличким додатком) і так званим варіантом PRO, який надає повний перелік функцій. Відповідно, ці варіанти відрізняються за ціною.

Варто звернути увагу на які критерії можна опиратись під час вибору між сучасними локальною чи міжнародною системою "СМВА". Насамперед потрібно орієнтуватися на якісні і цінові параметри систем.

Додатково варто відмітити певні специфічні позитивні і негативні сторони для локальних і міжнародних систем "СМВА".

Позитивними сторонами локальних систем «СМВА» можуть бути зокрема: знання української специфіки галузі, оперативне реагування на зміни, відсутність мовних бар'єрів, виїзд до користувача консультанта стосовно системи «СМВА», гнучкіша цінова політика тощо.

Позитивними сторонами міжнародних систем «СМВА» можуть бути: швидка відповідність найновішим стандартам у 3-х материнських (базових) технологіях, перенесення міжнародного досвіду в Україну тощо.

Негативними сторонами локальних систем «СМВА» є не оперативне реагування на зміни і покращення в 3-х материнських (базових) технологіях, так як на це необхідні час та додаткові інвестиції.

Негативними сторонами міжнародних систем «СМВА» є не оперативність реагування на зміни в національному законодавстві, залежність від міжнародної політичної ситуації та не гнучка цінова політика.

---

УДК 656.132

## ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PUBLIC TRANSPORTATION

**Іван Слатов, Ігор Мурований**

*Луцький Національний Технічний Університет  
вулиця Львівська, 75, Луцьк, 43000*

*This article explores the potential of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) in the public transport sector of Ukraine. Based on the analysis of current international literature, it highlights the benefits and challenges of implementing these technologies, and emphasizes their promising future in improving the functioning of public transport.*

Громадський транспорт є одним з найбільш сталих та ефективних видів транспорту, але існує потреба у підвищенні його ефективності та зменшенні впливу на навколишнє середовище.

Однією з основних проблем, з якими стикається громадський транспорт, є поведінка водіїв. Дослідження показали, що поведінка водія може мати значний вплив на споживання палива та викиди [5]. Традиційних програм навчання водіїв може бути недостатньо для вирішення цієї проблеми зменшення витрат палива під час їзди, оскільки вони часто є одноразовими і не забезпечують постійного зворотного зв'язку з водіями.

Системи на основі штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) можуть допомогти подолати це обмеження, постійно відстежуючи поведінку водія та надаючи йому зворотний зв'язок у реальному часі. Ці системи також можуть навчатися на основі зібраних даних і коригувати свої рекомендації для оптимізації паливної ефективності та зменшення викидів [3].

Ще однією перевагою систем на основі ШІ є їхня здатність аналізувати великі обсяги даних з різних джерел що мають інформацію, таку як погодні умови, затори на дорогах і стан доріг, для прогнозування споживання палива та оптимізації автобусних маршрутів [2]. Це може допомогти скоротити час, який автобуси проводять у дорозі, та мінімізувати споживання палива.

Крім того, системи на основі ШІ можна використовувати для підвищення безпеки дорожнього руху, аналізуючи дані з датчиків і камер у реальному часі для виявлення потенційних небезпек і попередження водіїв [6].

Основа покладена в практику використання ШІ та МН в громадському транспорті це розвиток навиків «екологічного водіння» у водіїв під час маршрутування. Екологічне водіння – це метод водіння, який передбачає оптимізацію споживання пального, зменшення шкідливих викидів та просування безпечних практик водіння. Основна ідея полягає в тому, щоб зменшити кількість енергії, необхідної для приведення транспортного засобу в рух, шляхом застосування ефективних методів водіння, таких як плавне прискорення, підтримання постійної швидкості, передбачення транспортного потоку та уникнення непотрібного холостого ходу.

У громадському транспорті екологічне водіння може значно зменшити споживання пального та викиди, що, в свою чергу, може знизити експлуатаційні витрати та покращити екологічну стійкість. Крім того, воно може підвищити безпеку дорожнього руху, зменшуючи ризик аварій, спричинених агресивною або нестабільною поведінкою водія.

Існують системи допомоги при екологічному водінні (Eco Drive Assist System EDAS), призначені для надання водієві рекомендацій у режимі реального часу з метою зменшення споживання палива та підвищення ефективності водіння. Ці системи зазвичай інтегровані з бортовими датчиками, які контролюють роботу автомобіля, а також з даними GPS і даними про

дорожній рух. Аналізуючи ці дані, система може надавати зворотний зв'язок водієві, наприклад, пропонуючи оптимальні швидкості, перемикання передач або маршрути. Крім того, EDAS може надавати цінні дані для механіків АТП, такі як поведінка водія і моделі споживання палива, які можуть бути використані для оптимізації графіків технічного обслуговування і скорочення тривалості простою транспортних засобів [7].

Окремі дослідження показали, що системи допомоги в екологічному водінні можуть підвищити паливну ефективність від 12% до 20% і зменшити викиди в громадському транспорті до 20% [3,4]. Крім того, ці системи також можуть підвищити безпеку водіння, заохочуючи до більш обережного стилю водіння. Системи екологічного водіння доступні як для нових, так і для існуючих транспортних засобів, а також можуть бути встановлені на старі автобуси [1].

Одним із прикладів впровадження подібної системи є дослідження, проведене в Південній Кореї, де за допомогою машинного навчання було розроблено алгоритм оцінки екологічного водіння з метою покращення паливної економічності міських автобусів. Алгоритм враховує різні чинники, такі як прискорення, гальмування та тривалість холостого ходу, щоб точніше надати водієві вказівки під час зворотнього зв'язку в режимі реального часу. Дослідження показало, що водії, які отримували зворотній зв'язок і дотримувались рекомендацій, покращили паливну економічність автомобілів в середньому на 12.1%. Система була успішно впроваджена в Південній Кореї. [4].

Використання штучного інтелекту у громадському транспорті має кілька переваг перед класичними методами навчання водіїв [5]. По-перше, системи допомоги в екологічному водінні на основі ШІ можуть бути персоналізовані до індивідуального стилю водіння водія та конкретних умов маршруту, що може призвести до покращення паливної ефективності [3]. По-друге, системи на основі ШІ можуть безперервно відстежувати поведінку водія і надавати негайний зворотний зв'язок, тим самим дозволяючи водіям виправляти будь-які негативні звички під час їзди, і покращувати свій стиль водіння [2]. Нарешті, використання систем на основі ШІ може бути доброю альтернативою традиційним програмам навчання водіїв, які можуть виявитися трудомісткими і дорогими для транспортних компаній [7].

Однак при впровадженні систем на основі ШІ в громадському транспорті потрібно враховувати й деякі недоліки. По-перше, може виникнути опір з боку водіїв. По-друге, існує ризик надмірної довіри до систем на основі ШІ, що може призвести до самозаспокоєності та зниження уваги водія до дороги. По-третє, може виникнути занепокоєння щодо вартості впровадження систем на основі ШІ в громадському транспорті [2]. Незважаючи на ці потенційні недоліки, переваги використання систем на основі ШІ в громадському транспорті є більш аргументованими, і цілком ймовірно, що використання таких систем стане поширенішим у майбутньому.

У той час як системи на основі ШІ та МН широко використовуються у світі для підвищення паливної ефективності та безпеки громадського транспорту, в Україні такі системи ще не набули широкого поширення. Громадський транспорт в Україні – це великий сегмент галузі, і теоретично такі системи можуть допомогти значно скоротити споживання палива та викиди шкідливих речовин. Враховуючи високу плинність кадрів, зокрема водіїв, покладатися лише на навчання водіїв для підвищення паливної ефективності не є достатньо ефективним.

Загалом, потенційні переваги використання систем на основі ШІ та МН в українському громадському транспорті є значними, і важливо вжити заходів для сприяння їхнього впровадження. Це дасть змогу зменшити споживання палива та обсяги шкідливих викидів, підвищити безпеку руху.

### Література

1. Caban, Jacek. "Study of Eco-Driving Possibilities in Passenger Cars Used in Urban Traffic." *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, vol. 91, no. 1, 2021, pp. 37-48. DOI:

---



- 10.14669/AM.VOL91.ART3 [Режим доступу] – [http://www.aaejournal.com/pdf-134872-63631?filename=study%20of%20eco\\_driving.pdf](http://www.aaejournal.com/pdf-134872-63631?filename=study%20of%20eco_driving.pdf).
2. Hanne Seter, et al. "Comparing user acceptance of integrated and retrofit driver assistance systems – A real-traffic study" *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, vol. 79, May 2021, pp. 139-156. [Режим доступу] – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847821000930>
  3. Hongjie Ma, et al. "Eco-driving assistance system for manual transmission bus based on machine learning" *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* vol. 19, Issue: 2, February 2018, pp. 572-581. DOI: 10.1109/TITS.2017.2775633 [Режим доступу] – [https://pure.port.ac.uk/ws/portalfiles/portal/8137677/algorithm\\_for\\_eco\\_driving.pdf](https://pure.port.ac.uk/ws/portalfiles/portal/8137677/algorithm_for_eco_driving.pdf)
  4. Kibok Kim et al. "Fuel Economy Improvement Of Urban Buses With Development Of An Eco-Drive Scoring Algorithm Using Machine Learning" *Energies*, vol. 14, Issue: 15, 23, July 2021, 13 pages. DOI: 10.3390/en14154471 [Режим доступу] – <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/15/4471>
  5. Peng Ping, et al. "Impact of driver behavior on fuel consumption: classification, evaluation and prediction using machine learning" *IEEE Access* vol 7, 03 June 28, 2019, pp. 78515-78532. ISSN: 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2920489 [Режим доступу] – <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8727915>
  6. Valentina b. Basarić, Mladen Jambrović, Milica b. Miličić, Tatjana m. Savković, Đorđe m. Basarić, Vuk Z. Bogdanović "Positive effects of eco-driving in public transport – a case study of novi sad" *Thermal Science* January 2016, 10 pages. ISSN: 0354-9836, DOI: 10.2298/TSCI150219160B [Режим доступу] – [https://www.researchgate.net/publication/305801059\\_Positive\\_effects\\_of\\_eco\\_driving\\_in\\_public\\_transport\\_A\\_case\\_study\\_of\\_Novi\\_Sad](https://www.researchgate.net/publication/305801059_Positive_effects_of_eco_driving_in_public_transport_A_case_study_of_Novi_Sad)
  7. Yiping Wu, et al. "The effectiveness of eco-driving training for male professional and non-professional drivers." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 59, March 2018, pp. 121-133. [Режим доступу] – <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918300233>.

УДК 656.13

## ТРАНСПОРТ ЯК ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА МІСТА ЛЬВОВА

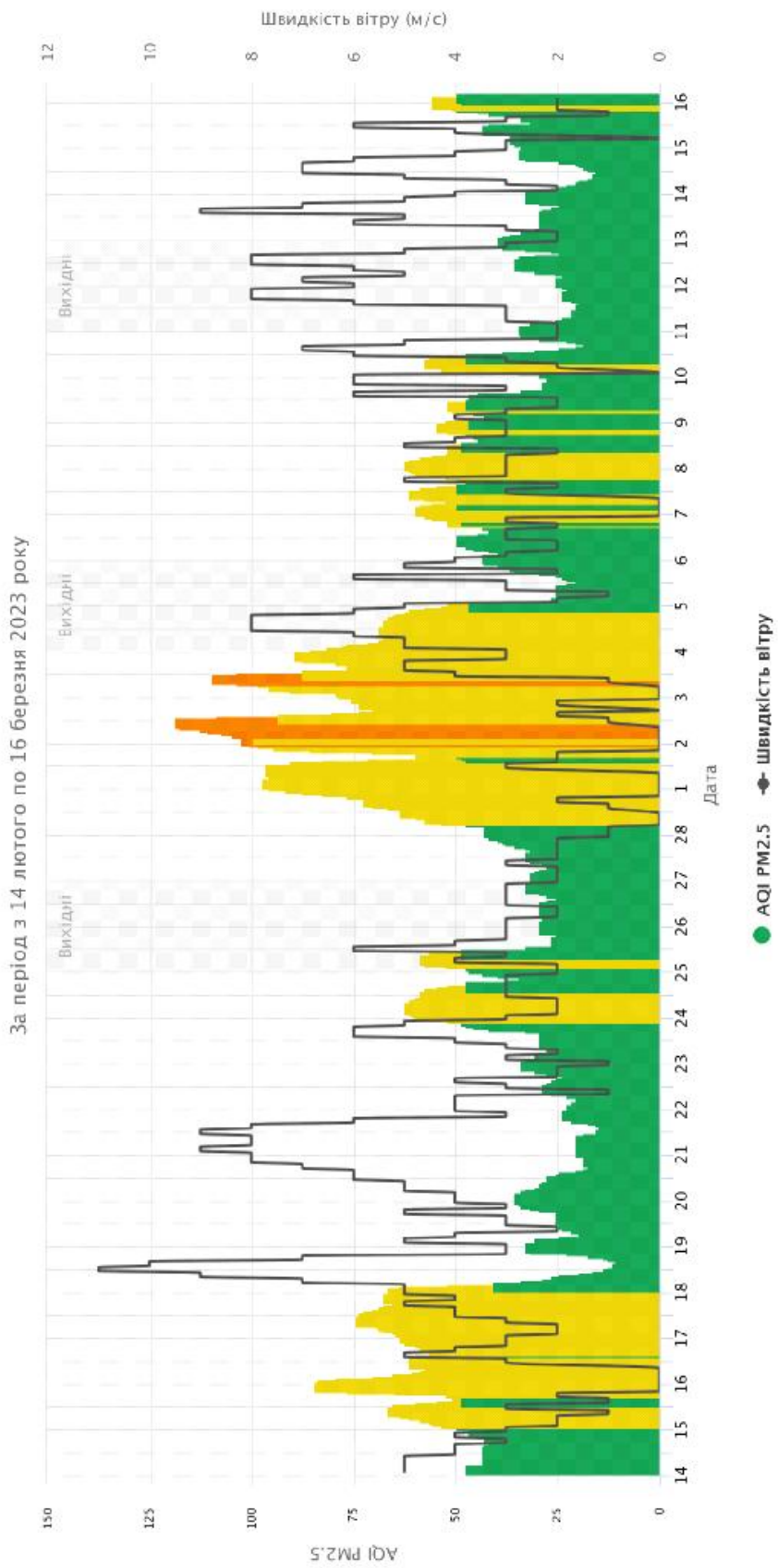
TRANSPORT AS AN ENVIRONMENTAL COMPONENT OF THE CITY OF LVIV

**Вікторія Телюк, Тарас Харчишин**

*Автомобільно-дорожній фаховий коледж  
Національного університету «Львівська політехніка»,  
вул. Личаківська, 2, м. Львів, 79008*

*The article highlights the impact of transport on the air basin, components and main factors of this problem.*

Автомобільний транспорт потребує таких ресурсів як бензин, дизельне паливо, газове паливо та альтернативні види палива Основні види палива для автомобілів – продукти переробки нафти: бензини та дизельні палива. Вони представляють собою суміші вуглеводнів і при-садок, призначених для поліпшення їх експлуатаційних властивостей [1]. Відпрацьований газ – відпрацьоване в тепловому двигуні робоче тіло. Є продуктами окиснення і неповного згоряння вуглеводневого чи інших видів палива. Відпрацьовані гази містять певну кількість (залежно від палива, типу двигуна та його технічного стану) токсичних і шкідливих компонентів.



Середнє арифметичне значення індексу якості атмосферного повітря за формулою NowCast (US EPA) для дрібнодисперсного пилу фракції PM2.5.  
Дані швидкості вітру: Український Гідрометеорологічний центр.

*Рис. 1. Середній індекс якості повітря у місті Львові*

У відпрацьованих газах автомобільних двигунів налічується понад 100 різних компонентів, більшість з яких токсичні. Серед токсичних компонентів, які викидаються автотранспортом 73 % становлять оксиди карбону, 11 % – неметанові леткі органічні сполуки, 13 % – оксиди нітрогену, 1,6 % – сажа, 1,4 % – оксид сульфуру[2].

Великий обсяг викидів від автотранспорту пояснюється, насамперед, збільшенням кількості приватного автотранспорту, експлуатацією технічно-застарілого автомобільного парку, використанням палива низької якості, аварійним станом доріг.

Техногенне навантаження у переважній кількості випадків представлено значним переліком показників, що характеризують вплив на окремі компоненти довкілля, у т.ч. на повітряний басейн – це викиди ЗР (варто розшифрувати) в атмосферне повітря стаціонарними і пересувними джерелами забруднення (тис. т/рік). З урахуванням принципу визначення МТН (варто розшифрувати) було виконано оцінку рівня техногенного навантаження на повітряний басейн на основі розрахунку модуля навантаження на повітряний басейн (МПБ), який визначається як обсяг викидів ЗР в атмосферне повітря в тис. т/км<sup>2</sup> на рік

Проаналізувавши чинники забруднення повітря у найнижчих шарах атмосфери, найбільший вплив, а саме забруднення повітряного басейну міста Львова належить транспорту (50%). На другому місці Львівська ТЕС (30%).

На рис.1 наведено середній індекс якості повітря у місті Львові.

Для мінімізації шкідливого впливу на атмосферне повітря потрібно здійснювати такі заходи: проводити заміну або належний ремонт застарілих конструкцій двигунів, ретельніше перевіряти якість палива, переходити від бензинових та дизельних двигунів на газові та електричні змінити саму організацію руху, особливо на перехрестях[3].

### **Література**

1. *Воронцова Т.В. Основи життєдіяльності : підручник / Т.В. Воронцова, Н.В. Мацебула, І.А. Репік. – К. : Вид-во "Либідь", 2001.*
2. *Гончаренко, Ф.П. Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних погодних та екологічних умов [Текст] / Ф.П. Гончаренко, Є.Д. Прусенко, В.Ф. Скорченко. – К. : Урожай, 1999 – 264с*
3. *Аксёнов І.Я., Аксьонов В.І. Транспорт та охорона навколишнього середовища.- М. : Транспорт, 1986.*

УДК 656.13

## ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ПЕРЕКРИТТЯ НА ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ДИСКОВОГО ГАЛЬМОВОГО МЕХАНІЗМУ

THE INFLUENCE OF THE OVERLAP COEFFICIENT  
ON THE TEMPERATURE REGIME OF THE DISK BRAKE MECHANISM

**Юрій Осташок**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*The influence of the overlap coefficient on the temperature regime of the disc brake mechanism was studied. The identified factors can be applied in the design of disc brake mechanisms.*

Для дослідження температурного режиму дискового гальмового механізму в процесі випробувань II Правил 13 міжнародної методики перевірки гальм автотransпортних засобів [1] методом математичного моделювання проведений розв'язок тривимірних задач теплопровідності. Розглянуто три варіанти дискових гальмових механізмів з дисками товщиною 0,045 м, 0,03 м і 0,02 м відповідно. Діаметр дисків однаковий і дорівнює 0,42 м. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу диска  $\lambda = 47$  Вт/м·град, а коефіцієнт об'ємної теплоємності  $c_p = 3,5 \cdot 10^6$  Дж/м<sup>3</sup>·град. При цьому передбачається рівномірне нагрівання диска по обидва боки двома накладками товщиною 0,015 м сталевую колодкою товщиною 0,008 м. Коефіцієнт теплопровідності матеріалу накладок на азбестовій основі прийнятий рівним  $\lambda = 0,25$  Вт/м·град.

В результаті моделювання встановлено, що температура поверхні тертя на час закінчення попереднього етапу випробувань II при малих значеннях коефіцієнта теплопровідності гальмової накладки значно залежить від товщини гальмового диска і коефіцієнта перекриття. При товщині диска, рівній 0,02 м, і коефіцієнті перекриття  $\beta = 1$  температура поверхні тертя складає 773 °С, а при товщині гальмового диска, рівному 0,045 м і  $\beta = 1$  – 440 °С (різниця складає 333 °С). При товщині гальмового диска, рівному 0,02 м і коефіцієнті перекриття  $\beta = 0,25$  температура поверхні тертя складає 678 °С, а при товщині гальмового диска, рівному 0,045 м і  $\beta = 0,25$  – 404 °С (різниця складає 274 °С). При великих значеннях коефіцієнта теплопровідності гальмової накладки вплив товщини гальмового диска і коефіцієнта перекриття на температуру пари тертя зменшується [2].

Таким чином, змінюючи конструкцію гальмового механізму, можна домогтися більш рівномірного розподілу температури в ньому і зниження температури поверхні тертя, підвищивши тим самим його коефіцієнт ефективності.

Виявлені фактори можна застосовувати в конструкції дискових гальмівних механізмів.

### Література

1. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування. – Введ. 24.07.02 р. – К.: Вид-во стандартів, 2002. – 193 с.
2. Гудз Г.С. Дослідження впливу умов теплообміну на розподіл теплових потоків у парах тертя дискових гальм комп'ютерним моделюванням / Гудз Г.С., Осташок М.М., Таракон О.Г. // 36. наук. пр. Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ.- К, 2002, вип. 15.- С. 112-117.

УДК 656.13

## ВПЛИВ УМОВ ТЕПЛОВІДДАЧІ НА РОЗПОДІЛ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В ЕЛЕМЕНТАХ ГАЛЬМОВИХ МЕХАНІЗМІВ

INFLUENCE OF HEAT DISCHARGE CONDITIONS ON THE DISTRIBUTION  
OF HEAT FLOWS IN ELEMENTS OF BRAKE MECHANISMS

Любов Осташук<sup>1</sup>, Юрій Осташук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Автомобільно-дорожній фаховий коледж  
Національного університету "Львівська політехніка",  
вул. Личаківська, 2, м. Львів, 79008,

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

*The influence of heat transfer conditions on the distribution of heat flows in elements of brake mechanisms was investigated. The identified factors can be used in brake design.*

Тепловий стан деталей пар тертя гальмових механізмів характеризується середньою температурою поверхні тертя, середньою об'ємною температурою та температурним градієнтом. При проєктуванні гальмових механізмів конструктор повинен вибрати основні параметри з умов забезпечення допустимого температурного режиму роботи як при проведенні випробувань, регламентованих Правилами 13, так і при заданих реальних режимах роботи [1]. Для дослідження впливу конструктивних параметрів пар тертя і гальмового механізму в цілому на поверхневі і об'ємні температури необхідно мати достатньо точне уявлення про роль тепловіддачі в навколишнє середовище [2].

Розподіл теплових потоків досліджувався для дискових гальм автобуса ЛиАЗ-5256Е при проведенні попереднього етапу випробувань II, як більш енергонавантажених. Розбивка за радіусом диска діаметром 0,42 м була прийнята рівною 0,01 м, а по поверхні – рівною 0,001 м (21×30 вузлів). Товщина диску рівнялась 0,03 м, а накладки – 0,015 м, і колодки – 0,008 м. Для порівняння застосовувались азбестополімерні та металокерамічні накладки. Кількість генерованої теплоти на поверхнях тертя  $Q = 350000 \text{ Вт/м}^2$ ; коефіцієнти тепловіддачі приймались відповідно  $\alpha = 20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ,  $\alpha = 35 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$  та  $\alpha = 50 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$ ; коефіцієнт взаємного перекриття  $\beta = 0,25$ .

Дослідження показали, що в дисковому гальмі з азбестополімерними накладками майже вся теплота в навколишнє середовище відводиться від диска, в результаті чого підвищується температура поверхні тертя та диска. При використанні металокерамічної накладки 73% теплоти в навколишнє середовище відводиться з поверхонь накладки, що значно знижує температуру поверхні тертя та диска.

Виявлені фактори можна використовувати при проєктуванні гальм.

### Література

1. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування. – Введ. 24.07.02 р. – К.: Вид-во стандартів, 2002. – 193 с.

2. Гудз Г.С. Дослідження впливу умов теплообміну на розподіл теплових потоків у парах тертя дискових гальм комп'ютерним моделюванням / Гудз Г.С., Остапчук М.М., Таракон О.Г. // Зб. наук. пр. Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ: Моделювання та інформаційні технології. К, 2003, вип. 22.- С. 20-28.

УДК 656.13

## ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ АВТОПОЇЗДАМИ

### TRANSPORTATION OF CARGO TRUCKS

**Ігор Вікович, Всеволод Приходько**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

*Transportation of goods by heavy-duty road trains is considered. The advantages of transporting heavy loads by multi-link road trains over trucks are substantiated. The classification of active road trains is presented. Considerable attention is paid to promising Euro Combi road trains, which, in particular, are intended for the transportation of bulky and heavy loads.*

Автопоїзди вважаються найголовнішими і найпрогресивнішими типами автомобільного транспорту, які володіють високими техніко-економічними показниками, зокрема підвищеною рентабельністю. Вони дають змогу ефективно перевозити багато різних народно-господарських вантажів, зокрема стандартні і не стандартні будівельні конструкції, довгомірні та великовагові вантажі такі як труби, плити, балки, опори високовольтних ліній електропередач, турбіни, телевізійні й бурові вишки, великогабаритну техніку тощо). Автопоїзди у складі автомобіля тягача і напівпричепа мають вищу стійкість руху і разом з тим мають задовільну маневреність та прохідність. Спеціалізовані автопоїзди також мають перевагу у порівнянні з одиночними спеціалізованими автомобілями. Зокрема спеціалізовані автомобілі (фургони– рефрижератори, цистерни тощо) можуть перевозити вантажі, зазвичай, в одному напрямку. У разі, якщо спеціалізовані кузова встановлені на причепах, чи на напівпричепах, то автомобілі–тягачі можуть бути використані для перевезень інших спеціалізованих або бортових причепів чи напівпричепів в обох напрямках. Отже, автопоїзди сприяють. Для вантажних перевезень особливо важливими є наявність задовільного стану автотранспортних засобів, зокрема застосування новітніх автопоїздів, висока якість послуг, відповідальність відправників і перевізників, надійність та оперативність перевезень.

У переважаючій більшості розвинених країн максимальна корисна вантажність автотранспортних засобів становить близько 20 т і, яка лімітується: дозволеною максимальною масою автотранспортних засобів, пов'язаною з несучою здатністю їхніх мостів; допустимими навантаженнями на їхні осі, які повинні відповідати встановленим нормам щодо міцності дорожнього полотна, а також граничними габаритами автотранспортних засобів, які визначаються будівельними характеристиками доріг і умовами забезпечення безпеки дорожнього руху.

Підвищення щодо дозволеної повної маси автопоїздів, їхніх осьових навантажень і габаритних розмірів насамперед довжини, призводить до зростання одиничної вантажності

автотранспортних засобів і позитивно позначається на собівартості перевезень, зокрема на транспортних витратах.

Формування логістичних операцій під час перевезення вантажів великоваговими автопоїздами на основі розроблення ефективних маршрутів перевезень, процедури вибору оптимального плану мультимодального перевезення, спрямовані на максимальне задоволення вимог вантажовідправників за рахунок одночасного врахування під час визначення маршруту головних параметрів перевезення: вартості транспортування і термінів постачання вантажів.

Для перевезення звичайних вантажів застосовують мало – середньо – і великотоннажні автомобілі, одно – і багатотоннажні автопоїзди, контейнеровози, автовози, плито – і фермовози та кабіновози, трейлери, рефрижератори, низькорамні автомобілі, самоскиди і самонавантажувачі з маніпуляторами тощо. Однак, найширше для вантажних перевезень застосовують різні види автопоїздів.

Сучасні автопоїзди переважно доволі комфортабельні. У більшості автопоїздів, у їхніх кабінах є кондиціонери, маленькі холодильники та спальні місця.

До показників, які мають найбільший вплив на рівень ефективності і якості автопоїздів відносять масу вантажу, яка перевозиться, середню швидкість їх руху  $V_{\text{сер}}$  і витрату палива  $Q$ . Збільшення вантажності і середньої швидкості руху – це головні напрямки підвищення продуктивності, а відповідно й ефективності автопоїздів. Ефективність виражається відношенням ефекту від використання транспорту до витрат на його отримання. Тому, крім вищевказаних показників ( $m_v$ ,  $V_{\text{сер}}$  та  $Q$ ), на ефективність перевезень впливають: коефіцієнт використання вантажності  $k_v$ , час простою  $t_{\text{п}}$  під час завантаження і розвантаження за одну поїздку, коефіцієнт використання  $k_a$ , який враховує число робочих днів на рік і час, затрачений на технічне обслуговування та ремонт.

Підвищення вантажності, оптимальна компоновка та пристосованість до навантажувально-розвантажувальних робіт магістральних автопоїздів можна досягнути раціональним компонуванням

Існують чотири головні напрямки зростання вантажності (повної маси) автопоїздів, а саме: підвищення граничних допустимих значень осьових навантажень; зменшення власної ваги автопоїздів; збільшення числа мостів дволанкових автопоїздів; збільшення числа ланок автопоїздів тощо. Підвищення вантажності і відповідної маси автопоїзда можливе тільки до певних значень, які визначаються діючими нормами обмежень щодо осьового навантаження, повної маси і габаритних розмірів.

Підвищення рівня механізації вантажно-розвантажувальних робіт може бути досягнуте за рахунок використання автотранспортних засобів, обладнаних необхідними вантажопідйомними пристроями, що дає змогу знизити собівартість перевезень за рахунок зменшення непродуктивних простоїв під час завантаження-вивантаження вантажів, незважаючи на деяке зниження вантажопідйомності базового автомобіля (напівпричепа).

Використання спеціалізованого рухомого складу не завжди призводить до збільшення продуктивності і зменшення собівартості перевезень, зокрема під час перевезення деяких вантажів зменшується їх корисна вантажність, а також коефіцієнт використання пробігу.

Але загалом використання спеціалізованого рухомого складу під час перевезення вантажів є виправданими оскільки підвищують економічні показники автотранспортних підприємств.

Транспортування негабаритних і великовагових вантажів сьогодні є особливо важливим, у зв'язку з необхідністю перевезень різного роду промислового устаткування, спеціальної, будівельної і сільськогосподарської та іншої техніки. Специфіка щодо негабаритних перевезень вантажів автопоїздами, за винятком необхідності ввести в дію спеціалізований рухомий склад, укладається багатьма різними чинниками, без урахування яких

своєчасне і безпечно постачання їх до місця призначення неможливе. Використання автопоїздів сьогодні доволі затребувано і тому є потреба в оптимізації вантажоперевезення автопоїздами для того, щоби перевозити великі обсяги вантажів за менших витрат.

Сьогодні перевезення великогабаритної техніки є одним з головних проблем, які постають перед будівельними, автомобільними і промисловими компаніями, і які пов'язані з тим, щоби спеціалізована великогабаритна техніка доставлялася на місце призначення своєчасно, причому у зібраному стані, в якому вона відразу буде використовуватися, без тривалої затримки, яка часто виникає під час збирання окремих її частин і вузлів.

У Західній Європі найрозповсюдженішими є магістральні п'ятивісні автопоїзди, які складаються з двовісних автомобілів-тягачів і тривісних напівпричепів. Поширені також шестивісні автопоїзди з тривісними автомобіле-тягачами. Збільшення числа осей на одиничних АТЗ ускладнює їхню конструкцію і тому є проблематичними у найближчому майбутньому та їх широкого поширення.

Перспективними є автопоїзди Euro Combi, які, зокрема призначені для перевезення об'ємних і великовагових вантажів. Автопоїзди для перевезення об'ємних вантажів, переважно складаються з двовісних сідельних тягачів, тривісних напівпричепів і причепів з центральними візками. Повна маса таких автопоїздів – 48 т, а корисний об'єм – 150 м<sup>3</sup>. Автопоїзди для перевезення великовагових вантажів, переважно з повною масою до 60 т зазвичай є тривісними бортовими автомобілями, до яких за допомогою підкатних візків приєднуються стандартні напівпричепи.

Залежно від транспортного законодавства, особливостей розвитку автомобільного транспорту й умов експлуатації параметри конструкції автопоїздів у різних країнах відрізняються один від одного. Автопоїзди з керованими напівпричепами – звичайне явище на дорогах США і Канади.

Застосування автопоїздів з керованим напівпричепом у європейських країнах значно гальмується транспортним законодавством, яке встановлює жорсткі обмеження щодо повної маси і габаритної довжини автопоїзда. Під час перевезення легких та об'ємних вантажів довгобазні керовані напівпричепи дають змогу перевозити не тільки більше вантажів, але значно зменшують вартість перевезень.

Контейнерні перевезення вантажів дають змогу скоротити простої рухомого складу загалом у два – два з половиною рази. Контейнерні перевезення вантажів значно підвищують продуктивність машин і механізмів під час навантаження й розвантаження вантажів; забезпечують високу схоронність вантажів (від погодних умов і розкрадань), які транспортуються; скорочують витрат на транспортну тару. У мультимодальних вантажоперевезеннях найчастіше використовують контейнеровози, навантаження і вивантаження яких займає мінімум часу.

Доставка вантажу в контейнері є одним із економічно доцільних видів транспортування. Такий спосіб дає змогу перевозити вантажі різного виду, а контейнер є одночасно і упаковкою, і складом. У модульному контейнері вантаж знаходиться в безпеці. Контейнерна доставка не вимагає перезавантаження. Недоліками контейнерних перевезень є висока вартість контейнерів, необхідність повернення порожніх контейнерів після розвантаження і експлуатація високопродуктивних дорогих перевантажувальних машин та ускладнена система організації вантажних перевезень.

Отже, автопоїзди на сьогодні є найголовнішими і найпрогресивнішими типами автомобільного транспорту, які володіють високими техніко-економічними показниками і дають змогу ефективно перевозити велику кількість найрізноманітніших народногосподарських вантажів.

---



НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**V Всеукраїнська науково-теоретична конференція**

**ПРОБЛЕМИ  
З ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ  
І НАПРЯМИ ЇХ РОЗВ'ЯЗАННЯ**

23–24 березня 2023 року

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

*Відповідальний за випуск* Євген ФОРНАЛЬЧИК

*Комп'ютерне верстання* Тарас ПОСТРАНСЬКИЙ

Максим АФОНІН

Микола БОЙКІВ

*Художник-дизайнер*

Марія ІВАНЕЦЬ

**РЕЖИМ ДОСТУПУ:**

[https://drive.google.com/drive/folders/1oGKuMJ1BiWAm\\_SdBvyQWnGSzA55MMnes](https://drive.google.com/drive/folders/1oGKuMJ1BiWAm_SdBvyQWnGSzA55MMnes)

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013  
тел. +380 32 2584103, факс +380 32 2584101  
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua