



Міжнародна науково-практична конференція
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

15 – 16 травня 2025 року



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ



ЛЬВІВ – 2025

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



Міжнародна науково-практична конференція

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

15–16 травня 2025 року

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2025

Рецензенти:

КОЗАЧЕНКО Дмитро, доктор технічних наук, професор Українського державного університету науки і технологій;

ТУРПАК Сергій, доктор технічних наук, професор Національного університету «Запорізька політехніка»

Відповідальний за випуск:

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

Т 20 Міжнародна науково-практична конференція «Транспортні системи та технології»: тези доповідей, 15–16 травня 2025 року. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. – Режим доступу: https://drive.google.com/drive/folders/1cuunzthh_ure2TQm154yi4bBPoaPraAq?usp=sharing, вільний. – Заголовок з екрана. – Мова укр. і англ.
ISBN 978-966-994-056-8

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, роль чинника людини в забезпеченні безпеки транспортних процесів.

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 ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ, БЕЗПЕКОЮ ТА ОРГАНІЗАЦІЄЮ РУХУ

Advancing research on transport disruptions in conflict zones:
a case study of ukraine's transportation network

Anna Sotnikova, Moeid Qurashi, Steven Travis Waller..... 7

Analysis of the public transport indicators in Lviv

Romana Bura, Roman Rohalskyu..... 9

Про поступ у долатті транспортних проблем міста

Євген Форнальчик, Володимир Гілевич..... 11

Driver's functional state as a road safety influencing factor

Nazar Tiurdo, Solomiia Makarova 15

Сучасні пріоритети розвитку транспортної системи міста

Юрій Оленюк 17

Забезпечення безпеки руху швидкісного рухомого складу залізниці

Андрій Кузишин 19

Спосіб підвищення безпеки руху на залізничних пішохідних переходах

шляхом використання інформаційної системи попередження

Юлія Лесів, Віталій Ковальчук..... 21

До оцінки екологічної безпеки транспортних потоків

Володимир Гілевич, Юрій Яремко..... 23

До питання моделювання та візуалізації дорожніх умов руху

Ігор Хітров 25

Оцінка ключових параметрів, що впливають на процес руху спеціальних
транспортних засобів

Іван Паснак..... 27

Забезпечення безпеки систем, керованих людиною

Галина Мигаль, Ольга Протасенко..... 28

Інтелектуальна інфраструктура як запорука безпечного руху

Тарас Федунь, Анастасія Сосновська..... 31

Моделювання впливу параметрів дорожніх пагорбів на роботу
нерегульованого перехрестя

Марина Бугайова, Ольга Холодова, Дар'я Міщенко 34

До питання впливу навколишнього середовища на рівень безпеки руху

Валентин Осипов, Володимир Хоменко..... 37

Аналіз потенційної небезпеки виконання маневрів

на нерегульованому перехресті

Роман Бойків, Мирослав Євчук..... 40

Адаптивність транспортних потоків зі смугою руху маршрутних
транспортних засобів

Сергій Чуйко, Олександр Кравченко, Олександр Чуйко..... 43

Поперечна стійкість автомобілів, як складова безпеки дорожнього руху

Ірина Бачинська, Віктор Шевчук..... 46

Аналіз швидкісного режиму транспортних засобів на виділених смугах руху

Олег Грищунь..... 48

Параметри транспортного потоку як основний чинник формування безпечних умов руху на перехрестях <i>Назар Жеребецький, Ірина Криса, Зоряна Беднарчук</i>	50
Аквапланування і безпека дорожнього руху. Можливі причини втрати водіями контролю над керуваністю автомобілями в умовах дощу <i>Володимир Бутрин, Андрій Куйбіда, Ігор Івашко</i>	51
Оцінка причин та умов вчинення ДТП на основі судової експертизи: практичний аспект підвищення безпеки дорожнього руху <i>Мар'ян Гіць, Олександр Давидович, Володимир Придиба</i>	54

СЕКЦІЯ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ЛОГІСТИЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Time criterion in the basis plans formation for agricultural products transportation optimization tasks <i>Maksym Afonin, Oleksandr Maksymiuk</i>	57
Assessment of the importance of the trip parameters in the urban area (based on the survey results) <i>Vladyslav Suslov, Ivanna Gits, Halyna Pivtorak</i>	59
Особливості переміщень населення при здійсненні покупок <i>Микола Жук, Євген Пруський</i>	61
Аналіз ризиків при виконанні зовнішньоторговельних операцій <i>Ірина Лебідь, Ірина Гнатюк, Діана Гомілко</i>	64
Особливості перевезень при рятувальних роботах <i>Юрій Осташок, Любов Осташок, Микола Осташок</i>	66
Підвищення ефективності використання рухомого складу за рахунок аналізу пасажиропотоку <i>Олег Возняк, Павло Бандрівський</i>	68
Дослідження показників роботи фахівців транспортно-експедиторських підприємств <i>Євгеній Лебідь</i>	71
Розроблення і контроль активного розкладу роботи бригади водіїв на міжміських маршрутах вантажних автомобільних перевезень <i>Мирослав Оліскевич, Назар Хомин</i>	73
Енергоефективність автопоїздів для міжнародних вантажних перевезень <i>Ігор Вікович, Всеволод Приходько, Андрій Скрицький</i>	76
Розробка моделі для визначення загальних витрат на виконання міжнародних перевезень вантажу з використання теорії планування експерименту <i>Світлана Шарай, Ганна Бабчук, Яна Бовкун</i>	78
Закономірності формування попиту на транспортні послуги в умовах урбанізації та розвитку цифрових технологій <i>Віктор Мироненко</i>	80
Удосконалення організації пасажирських перевезень в умовах надзвичайних ситуацій <i>Тетяна Грушевська, Денис Костюшко</i>	82
Логістичні моделі транспортування нафтопродуктів в умовах обмеженої інфраструктури <i>Володимир Черкудінов, Юлія Зеленько, Руслана Роп</i>	85

Роль цифрових технологій у плануванні та моніторингу пасажиропотоків <i>Анастасія Матвійшина</i>	87
Інноваційна логістика в діяльності транспортного підприємства <i>Ігор Мурований, Вікторія Коменко</i>	89
Ризики перевезення небезпечних вантажів та вплив транспорту на навколишнє природне середовище <i>Євгеній Свириденко</i>	92
Сучасний стан та перспективи розвитку контейнерних залізничних перевезень <i>Ярослав Муляр</i>	95
Оцінка ефективності митного оформлення збірних вантажів в Україні <i>Наталія Лужанська, Єлизавета Маряхіна</i>	97

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

Alternative energy sources in transport-production systems: optimization models and implementation prospects <i>Borys Sereda, Daria Mukovska, Vitalii Orel</i>	100
Greening transport systems: global trends and ukraine's prospects <i>Borys Sereda, Daria Mukovska, Yevhenii Ziuzin</i>	102
Удосконалення механізму розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі використання моделі штакельберга <i>Дмитро Харченко, Андрій Прохорченко</i>	104
Дослідження доцільності функціонування складів тимчасового зберігання в Україні <i>Наталія Лужанська, Яна Волинець</i>	106
Ергономічний аналіз засобів візуальної комунікації в транспортному середовищі <i>Владислав Голомисов</i>	108
Сталий розвиток залізничного транспорту: екологічний контекст <i>Олена Сорочинська</i>	112
Використання методів гіра при моделюванні процесів <i>Вячеслав Васильєв, Максим Терновий</i>	113
Вдосконалення охоронних систем автомобільного транспорту <i>Сергій Нестеренко</i>	115
Основні підходи до утворення математичних моделей планування, будівництва та експлуатації транспортних систем та технологій <i>Михайло Тараненко, Наталія Кобріна</i>	118
Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря міста львова від автомобільного транспорту <i>Марія Стець, Юрій Стець</i>	120
Теорія транспортних потоків в містобудуванні <i>Валерій Гук</i>	123
Проблеми оцінювання точності моделей транспортного попиту <i>Сяосюань Цинь, Євген Любий</i>	124
Порівняльний огляд накопичувачів електричної енергії <i>Сергій Буряк, Оксана Гололобова</i>	126

Акустична ідентифікація стану транспортного середовища <i>Галина Мигаль</i>	128
Тепловий аналіз елементів гальмівної системи спецтехніки в умовах пожежогасіння <i>Юрій Осташук, Любов Осташук, Микола Осташук</i>	131
Інформаційні та психологічні аспекти внесення змін у транспортну систему міста <i>Юрій Оленюк</i>	132
Змінна станів транспортних потоків це його рух <i>Валерій Гук, Олена Запорожцева</i>	134
Особливості взаємодії та конкуренції між окремими видами транспорту <i>Микола Маяк</i>	138
Сучасні цифрові технології ремонту електричних апаратів тягового рухомого складу залізниці в локомотивних депо <i>Віктор Торгашов, Микола Баб'як, Роман Гащук, Лариса Недужа</i>	140
Визначення рівня еколого-економічних індикаторів транспортних потоків на кільцевій дорозі міста Львова <i>Роман Качмар, Юрій Пороховський, Роман Бойків</i>	142
Інтелектуальні транспортні системи, розумний транспорт <i>Тарас Федунь, Вікторія Лаврів</i>	145
Євроінтеграція залізничного транспорту України: технічні та організаційні аспекти розвитку колії стандарту 1435 мм на прикладі львівського залізничного вузла <i>Юлія Германюк, Ігор Паленик</i>	147

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

УДК 656.045

ADVANCING RESEARCH ON TRANSPORT DISRUPTIONS IN CONFLICT ZONES: A CASE STUDY OF UKRAINE'S TRANSPORTATION NETWORK

Anna Sotnikova, Moeid Qurashi, Steven Travis Waller

*Dresden University of Technology,
Hettnerstraße 1, 01069 Dresden, Germany*

This study investigates the impact of armed conflict on civilian transportation systems, with a focus on the full-scale invasion of Ukraine by Russia. Using the Rapidex methodology, which leverages crowdsourced travel time data, we analyzed traffic patterns across Ukrainian cities, identifying spatiotemporal disruptions and their causes. Advanced statistical and spatial analyses highlighted zones with the most severe disruptions and elucidated their temporal dynamics.

Historically, both natural and human-made disasters have profoundly affected transportation networks, modifying traffic patterns and causing extensive disruptions. Studying these events helps us understand their effects and develop strategies to mitigate future disruptions. While research on the impact of natural disasters on transport systems has made considerable progress, the effects of human conflict on mobility still require more attention.

The 2022 full-scale invasion of Ukraine by Russia triggered a significant humanitarian crisis in Europe, resulting in widespread migration and major disruptions to transportation systems. The destruction of infrastructure and the complexities of war-related movements have created unique challenges that require deeper investigation, understanding how armed conflicts affect transport systems is crucial for ensuring the safety of civilians and the effective delivery of humanitarian aid.

Research on the impact of disruptive events on transportation systems has typically focused on natural disasters, such as earthquakes, floods, pandemics, etc., with some studies focusing on terrorist attacks. These studies offer valuable insights into how various crises disrupt transport systems, aiding in the development of models for transport behavior in conflict zones. However, research on the impact of armed conflict on transport systems is still very limited.

Current research on transport systems in armed conflict primarily focuses on logistical and military operations, such as the supply and mobility of armies. Study [1] examines the use of unmanned vehicles for military operations, while [2] highlights the strategic role of railways in facilitating logistics during WWII. Another study [3] investigates contemporary military logistics, focusing on the efficient movement of NATO forces in conflict areas. While these studies provide some insights into how transportation systems are adapted during armed conflict, they mostly address war-related activities and military supply chains. However, there is a significant gap in understanding the broader impact of armed conflict on civilian transport systems and how cities can maintain transportation networks during prolonged disruptions.

Our previous research on the travel behavior in armed conflict conditions, first published in 2023 [4], focused on six Ukrainian cities – Kyiv, Kharkiv, Odesa, Dnipro, Lviv, and Mariupol – and the Ukrainian highway network. We developed the database of key war events for each city and

conducted transport modeling using the novel tool Rapidex – a recently developed methodology that utilizes crowdsourced travel time to estimate origin-destination trip tables, zonal structure, and network supply [5].

Through temporal analysis, we assessed the impact of war events on link travel time variability and network congestion. Cities like Kyiv, Kharkiv, and Mariupol, which faced occupation attempts, experienced the highest travel time variability. Congestion levels rose significantly in these cities – by 50% in Kyiv, 55% in Kharkiv, and 30% in Mariupol. Simultaneously, demand generation surged by 200%, 150%, and 300%, respectively.

In the second phase of our research, we focused on identifying spatiotemporal disruptions in traffic indicators and road network characteristics in Kyiv, Lviv, and Mariupol. Disruptions were defined as atypical states of indicators deviating significantly from general trends. The database of war events for these cities was expanded to identify and analyze zones with the highest disruption frequencies. These disruptions were categorized based on their cause, area, impact on traffic volume, and accessibility.

Statistical methods were employed to identify specific disruptions in different zones by filtering repetitive trends and detecting outliers. The initial dataset included the average congestion levels for destination zones, and the total vehicle kilometers traveled (VKT) within each zone.

A spatiotemporal analysis was subsequently conducted to identify zones experiencing the most significant disruptions. Spatial maps were generated to illustrate the distribution of disruptions, with color intensity indicating the severity and frequency of congestion. Zones with higher disruption counts were subjected to detailed analysis. Changes in VKT within the zones were also incorporated to elucidate disruption patterns further. Temporal profiling revealed areas exhibiting significantly elevated congestion levels.

Spatial analysis provided an overview of regions with the most disruptions, while time series data were used to examine the temporal dynamics of these disruptions. Heat plots were employed to visualize fluctuations in congestion levels across regions over time.

The research identified three distinct phases of traffic flow in these cities: initial disruption, de-occupation, and habituation. These findings underscore the importance of spatiotemporal analysis in understanding and mitigating the impact of armed conflict on civilian transportation systems.

The following study [6] aimed to identify relationships between areas in those cities experiencing disruptions during the initial phase of the invasion. Polynomial regression models were developed, with the congestion index and days since the invasion as independent variables.

Much research has already been conducted to analyze traffic data from Ukrainian cities during the initial phase of the full-scale war. Moving forward, the focus of upcoming studies will shift to comparing the data obtained using the Rapidex tool with actual traffic data from local traffic counts. This comparison will help validate the accuracy of the Rapidex model and provide a clearer understanding of its effectiveness in reflecting real-world conditions during conflict.

References

1. Magniszewski, M., Rak, D., Kozicki, B., & Błaszczak, B. (2023). *Safety in unmanned transport in armed conflicts*. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 8(2), 239–248. <https://doi.org/10.14254/jsdtl.2023.8-2.18>
2. Davie, H. G. W. (2017). *The influence of railways on military operations in the Russo-German War 1941–1945*. *The Journal of Slavic Military Studies*, 30(2), 321–346. <https://doi.org/10.1080/13518046.2017.1308120>

3. Kinsey, C., & Ti, R. (2023). *Combat logistics in the twenty-first century*. In Oxford University Press eBooks (pp. 63–86). <https://doi.org/10.1093/oso/9780192857422.003.0004>
4. Waller, S. T., Qurashi, M., Sotnikova, A., Karva, L., & Chand, S. (2023d). *Analyzing and modeling network travel patterns during the Ukraine invasion using Crowd-Sourced Pervasive Traffic data*. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2677(10), 491–507. <https://doi.org/10.1177/03611981231161622>
5. Waller, S. T., Chand, S., Zlojutro, A., Nair, D., Niu, C., Wang, J., Zhang, X., & Dixit, V. V. (2021). *Rapidex: a novel tool to estimate Origin–Destination trips using pervasive traffic data*. *Sustainability*, 13(20), 11171. <https://doi.org/10.3390/su132011171>
6. Sotnikova, A., Qurashi, M., & Waller, S. T. (2024). *Spatiotemporal changes in the congestion index of streets and roads in the armed conflict conditions*. *Transport Technologies*, 2024(2), 1–13. <https://doi.org/10.23939/tt2024.02.001>

UDC 656.13

ANALYSIS OF THE PUBLIC TRANSPORT INDICATORS IN LVIV

Romana Bura, Roman Rohalskyy

*Lviv Polytechnic National University,
Stepana Bandery Str, 12, Lviv, 79013*

The paper provides the analysis of public transport indicators and change in its overall quality for the last years in Lviv city.

Lviv is a regional center with a large population of over 800,000 people. Also, every day a large number of people come to the city to work. Given the specific layout of Lviv – radial-ring, and the existing built-up area, which make it impossible to significantly redesign the road network, the use of cars creates significant traffic problems. Therefore, the use of public transport as an alternative way to simultaneously move a large number of people in such conditions is becoming particularly relevant.

Surveys conducted in 2017 and 2024 show overall satisfaction with public transportation in Lviv. For that matter, the survey results show that in 2017, city residents rated public transportation at 2.55 points out of 5 [1]; in 2024, this rate was 3.59 points out of 5 [2]. These survey results show a positive trend in improving the quality of public transport.

Over the past few years, despite some the COVID-19 pandemic and the war in Ukraine, Lviv has taken a number of measures to improve its functioning. In particular, it includes an increase in the number of dedicated lanes for public transport and the introduction of an electronic ticket. In addition, the Lviv City Council provides data on changes in public transport performance in Lviv [3]. As of 2024, Lviv has 53 bus routes, 10 trolleybus routes, and 8 tram routes. It should be noted that the city also has a large number of suburban and intercity routes that partially carry out transportation in the city. However, given that before the pandemic, the number of passengers transported in Lviv ranged from 174 to 221 million, and after the war began, this number increased significantly, this number may not be enough.

Fig. 1 shows the change in the number of buses on public transport routes from 2010 to 2024.

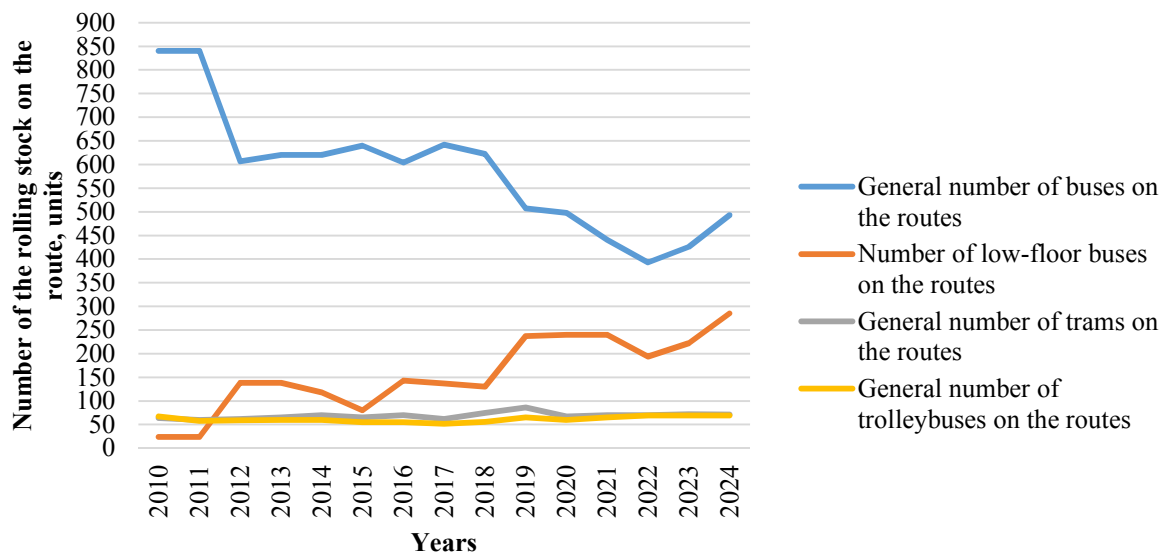


Fig. 1. Dynamics of changes in the number of rolling stock on public transport routes

As for buses, we see a generally somewhat positive trend – a gradual increase in the number of low-floor rolling stock, which increases the carrying capacity and comfort of passengers. As of 2024, the share of low-floor buses is almost 58%. However, it also shows that a little less than half of the rolling stock of road transport is still in poor condition. After all, conventional minibuses are not spacious enough, uncomfortable, in poor technical condition, and are outdated. This leads to frequent bus breakdowns and buses leaving the route. The number of trams and trolleybuses has remained virtually unchanged over the past 14 years.

The dynamics of changes in the age of rolling stock is shown in Fig. 2.

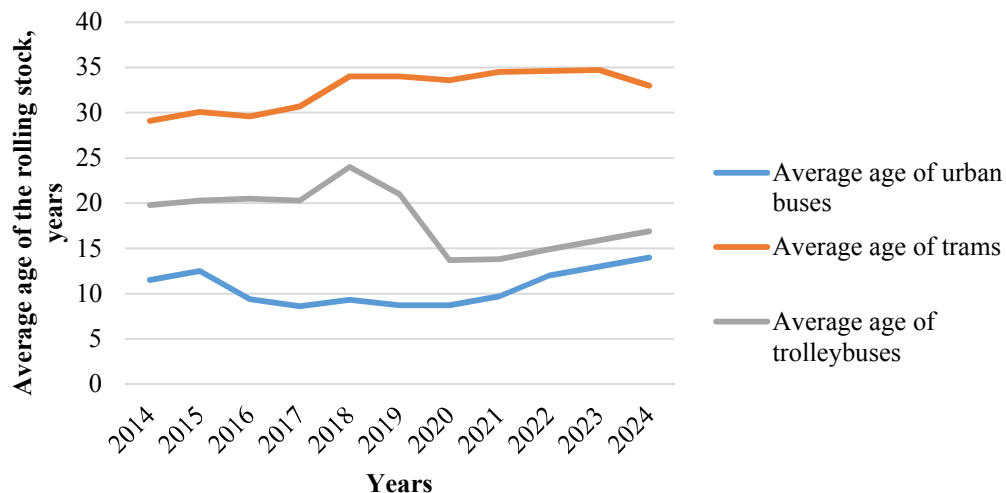


Fig. 2. Changes in the age of rolling stock on public transport routes

As can be seen from Fig. 2, the rolling stock in Lviv is quite outdated. The worst situation is with trams – as of 2024, the average age of trams is 33 years. Buses are the “youngest” – their average age in 2024 was 14 years. As for trolleybuses, there was a positive trend until 2020, when the average age was 13.7 years, but in the following years, the rolling stock has been aging again. Such rolling stock is not only less comfortable and slower, but also less environmentally friendly in terms of engine obsolescence and more noise and emissions.

So, taking into account the statistical data presented, we can say that despite significant progress in improving the quality of public transport, there are still a number of problems that need to be solved in Lviv. These include an underdeveloped infrastructure for public transport, an insufficient number of large and low-floor rolling stock, and its high average age, which directly affects the quality of passenger transportation.

References

1. «Social monitoring of the quality of life in Lviv-2017». The results of a comprehensive analytical study conducted by the municipal institution City Institute [Electronic resource]. Access mode:
2. https://city-adm.lviv.ua/lmrdownloads/Sotsial%D1%8Cnyi_monitorynh_iakosti_zhyttia_l%D1%8Cvivian_2017.pdf
3. «Social monitoring of the quality of life in Lviv-2024». The results of a comprehensive analytical study conducted by the municipal institution City Institute [Electronic resource]. Access mode:
4. https://city-adm.lviv.ua/lmrdownloads/2024/06/%D0%AF%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B6%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F_%D1%83_%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B9_%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B4%D1%96_2024.pdf
5. Public transport performance indicators. Lviv open data [Electronic resource]. Access mode: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/pokaznyky-roboty-hromadskoho-transportu>

УДК 656.025.2

ПРО ПОСТУП У ДОЛАННІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОБЛЕМ МІСТА

ABOUT THE ADVANCE IN OVERCOMING TRANSPORT PROBLEMS OF THE CITY

Євген Форнальчик, Володимир Гілевич

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

The issue of problems in the functioning of city transportation systems is analyzed. Given the foreign and partly domestic experience, the use of artificial intelligence in traffic organization and control should be important in solving them.

Серед проблем у нашому суспільстві найбільшочішою є тривала війна з росією та найуразливішою – автомобільні транспортні проблеми, зокрема у великих містах. Останні загострилися не лише з воєнними діями, вимушеними переселеннями жителів у безпечні для проживання регіони, але й не достатньо розвиненою міською транспортною інфраструктурою, її вдосконаленням і неналежним постійним моніторингом. Вибірковий моніторинг, який проводиться з метою впливу постійного росту кількості транспортних засобів (ТЗ) у «мирних» містах та населення у них, не приносить сподіваних результатів на покращення транспортної ситуації.

Поки що маємо нездоланні затори (у ранкові та вечірні «години пік») на вулично-дорожній мережі (ВДМ), особливо на магістральних напрямках. А це, як відомо, призводить до ситуацій, які можна охарактеризувати виразом «більше стоїмо у заторах, ніж їдемо», що оцінюється часовими та фінансовими витратами. Яким чином можна зменшити (бо

позбутися неможливо) вплив цього негативного явища у міських транспортних системах (ТС) і перетворити його у бажаний вираз «більше їдемо, ніж стоїмо у заторах».

Раніше вказувалось [1-3 та інші], що вітчизняна методика визначення завантаженості рухом, особливо, для ВДМ міст не є досконалою. Спроба застосувати методику США показала, що вітчизняний рівень зручності автомобільних чи громадських пересувань завищений порівняно з тим, який отриманий за методикою США. У зв'язку з цим ці питання потребують ретельного дослідження, оскільки є основою для обґрунтування та прогнозування пропускної здатності ВДМ [1].

У 2020 році у Харкові розроблено науково-прикладні засади [4] для розв'язання проблеми розвитку теоретико-методологічних основ розподіленого управління дорожнім рухом із позицій визначення закономірностей взаємодії параметрів транспортного потоку (ТП) при зміні режимів міського руху. Встановлено [4], що окремі підсистеми «водій-автомобіль-дорога-середовище» є динамічною складовою великої системи та потребує для опису великого обсягу інформації залежно від умов та цілей функціонування. Сформовано концепцію розробки розподіленої системи управління у містах, яка має ієрархічну структуру для виконання функцій інтелектуальних систем на підставі формалізації знань у поєднанні із традиційними методами управління дорожнім рухом. Визначили, що причиною заторового стану у міських умовах руху є ударна хвиля, що формується за зміни дистанції безпеки між автомобілями. Тому спрямовувати керуючі дії треба на кінець ударної хвилі, а не на її початок. Динамічне управління регламентує зменшення швидкості руху ТП й тому його потрібно реалізовувати на підході до місця утворення ударної хвилі. Методика визначення параметрів динамічного управління ТП передбачає, що керуючим впливом є швидкість руху транспортного потоку на визначеній відстані від початку перегону. Такий підхід дав змогу апробувати на практиці регулювання дорожнім рухом м. Харкова.

Інші результати науково-прикладних досліджень з проблем зменшення заторових ситуацій на ВДМ міст [5], із застосуванням відповідних критеріїв логічно правильні, але реальні ефекти залишаються поза увагою органів державної влади. Очевидно, що затримки транспорту на ВДМ наносять збитки як власникам автомобілів, так і місцевому чи державному бюджету. Вони формують велику нездоланну проблему (якої не існує у європейських країнах), яка розростається з непомірним ростом кількості ТЗ та, на жаль, з ростом смертельних дорожньо-транспортних подій.

Європейські дослідники, які оцінювали прогрес у гармонізації українського транспортного законодавства з європейськими стандартами, виставили Україні за 2024 рік незадовільну оцінку за транспортну складову [6]. Відмічено, що важливий «Регламент ЄС 1370/2007» [7], який забезпечує прозорі та справедливі правила для міського транспорту, досі не включено до порядку денного Верховної Ради. На нашу думку це повинно спонукати місцеві органи влади прискорити вдосконалення ВДМ та розроблення і впровадження відповідних інженерних заходів щодо змін в організації дорожнього руху. Зараз відомо, наприклад, що на 2025 рік на Дорожній фонд в Україні виділено 43,2 млрд. гривень, з яких лише 6602,1 млн. гривень «... для будівництва, реконструкції, ремонту й утримання автодоріг загального користування місцевого значення, вулиць і доріг комунальної власності у населених пунктах» [8]. Очевидно, що це не те, що потрібно, тим більше, зважаючи на воєнні руйнування ВДМ міст сходу України.

Щодо витрат на якісне утримання ВДМ у Львівській області. В обласному центрі до повномасштабного вторгнення (2021 р.) вони становили 329,3 млн. грн., а уже у 2022 р. були у межах трохи більше 133 млн. грн. (2022 р.). У планах на 2025 рік на утримання та розвиток ВДМ за рахунок місцевого бюджету передбачено витрати у розмірі 46,2 млрд. грн. [9].

Оскільки підняті проблеми мають безпосередній зв'язок з інженерними кадрами, які задіяні на управління ТС, то важливо з'ясувати стан з підготовкою фахівців зі спеціальності 275 «Транспортні технології» та виконанням науково-дослідних і прикладних робіт, над якими працюють вчені університетів та інститутів відповідних профілів. Щорічно в Україні отримують інженерні дипломи автомобільних транспортників орієнтовно 1,5 тисяч бакалаврів і

850 магістрів, захищають дисертації з ТС майже 20 здобувачів [10]. Усе це реалізується у стінах 29 університетів на різних факультетах, що ведуть підготовку з ТС. Серед випускників 40-60% працевлаштовуються за профілем підготовки.

Зрозуміло, що це не уся докладна інформація (її фактично здобути неможливо) щодо фінансових та людських витрат, які щорічно задіяні на розв'язання транспортних проблем міст, зокрема на подолання транспортних заторів. Перспективним напрямом у розв'язанні цих проблем може стати використання штучного інтелекту (ШІ). З науково-прикладних публікацій та за результатами поїздок у європейські країни переконуємось, що вираз «штучний інтелект» поширений власне у цих країнах. Понад 15 років у дослідженнях транспортних систем в Європі використовуються напрацювання із штучного інтелекту. Проаналізовані сучасні закордонні публікації із застосуванням ШІ зосереджені на вдосконаленні транспортних систем взагалі та в організації ТП у містах [11, 12]. На модернізацію транспортної інфраструктури Євросоюз виділяє, наприклад 2,5 млрд. євро до 2050 року. Це призведе до сталої, розумної, сумісної та стійкої мобільності по усій транс'європейській транспортній мережі [13].

У нас почали використовувати поняття штучного інтелекту не на прикладі управління ТП, а окремими конструктивними одиницями автомобілів чи їх безпекою або рухом [14, 15 та інші]. Мова повинна йти про так званий розумний транспорт, перед яким поставлена мета: підвищити безпеку за однозначного підвищення комфорту пасажирів. За словами Ван Ліна [16] (директор групи інтелектуальних мобільних рішень служби IoT (Інтернет речей) Advantech), «...реалізація інтелектуального транспорту включає не тільки розвиток автобусів, метро і залізниць, а й людей, навколишнє середовище та інше пов'язане обладнання». У дорожньому транспорті ШІ використовують у системах попередження про зіткнення транспортних засобів, виявлення «сліпих зон» та систем моніторингу поведінки водіїв тощо. З використанням ШІ і систем 5G у європейських містах відстежують ТЗ, світлофори та поведінку водіїв з метою зменшення кількості порушень.

Щодо застосування ШІ у вітчизняних наукових джерелах та на практиці. Харківська наукова школа під керівництвом доктора технічних наук Абрамової Л.С., публікують статті з використання ШІ для управління дорожнім рухом, наприклад [4, 17-18]. Вчені переконані, що «...на сьогодні при проектуванні систем управління дорожнім рухом застосовують комп'ютерні моделі для визначення параметрів управляючих дій, але цього недостатньо». З цим не можна не погодитися, зважаючи на сучасний стан із всенаростаючими негативами на ВДМ міст. Відомо, крім цього, що в Україні у 2023 році було розроблено «Стратегію розвитку штучного інтелекту на період 2023-2030 рр.» [19], у якій сформульована мета «...створення передумов для післявоєнного відновлення економіки держави, насамперед безпеки й оборони, науки та освіти, забезпечення її стійкого розвитку на основі проривних технологій ШІ та відповідного покращення добробуту і якості життя населення. Держава визначилась у цьому плані із сферою транспорту та інфраструктури передбачивши такі заходи:

- впровадження передових технологій ШІ для створення автономних транспортних засобів, а також повністю автоматизованих об'єктів інфраструктури;
- проведення розробок у сфері керування автономними транспортними засобами;
- інтелектуальне керування дорожнім рухом;
- створення системи раннього попередження про необхідність заміни та ремонту інфраструктури;
- прогнозування подорожей;
- оптимізацію транспортних маршрутів.

Отже, наші подальші дослідження з організації та регулювання дорожнього руху на основі достатньо високого рівня наукового потенціалу повинні спрямовуватися на вивчення особливостей функціонування ТС під кутом інтелектуалізації раніше отриманих і отримуваних в майбутньому результатів. Початки вже намітилися, про що засвідчує недавня публікація тез «Огляд можливостей використання штучного інтелекту та нейронних мереж у галузі транспортних технологій» [20]. Зараз ми можемо припустити, що маємо досягнення на 30-

40% (зважаючи на європейський рівень) у застосуванні та використанні ШІ в управлінні дорожнім рухом на ВДМ великих міст.

Література

1. Хом'як А.Я., Назіна М.О. Визначення завантаженості міських вулиць і доріг. Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», 2013. Випуск 88. С. 54-63.
2. Васильєва Г.Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2007. 201 с.
3. Абрамова Л.С., Ширін В.В. Моделирование и оптимизация транспортной сети. Східно-Європейський журнал передових технологій, 2006. № 2/2 (20). С. 98-101.
4. Мобільність в Україні: підсумки 2024-го року. URL: <https://pro-mobility.org/dumka/mobilnist-v-ukrayini-pidsumky-2024-go-roku/>.
5. Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 1370/2007 від 23 жовтня 2007 року «Про громадські послуги пасажирських перевезень залізничним і дорожнім транспортом та скасування регламентів Ради (ЄЕС) № 1191/69 та № 1107/70» (зі змінами № 2016/2338, внесеними 14.12.2016 р.).
6. Кінець ризикової історії: дорожньому фонду бути. URL: <https://trans.info/ua/kinets-ryukovoyi-istoriyi-dorozhnomu-fondu-buty-398922>.
7. Львівська обласна військова адміністрація. Бюджетний запит на 2024-2026 рр. індивідуальний (Форма 2024-2). URL: <https://loda.gov.ua/useful-info/91590?authorId=17107>.
8. Єдина державна електронна база з питань освіти. URL: <https://info.edbo.gov.ua/>.
9. Rusul Abduljabbar, Hussein Dia, Sohani Liyanage, Saeed Asadi Bagloee. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability, 2019. Volume 11, Issue 1. 24 p.
10. Jasmin Praful Bharadiya // Artificial Intelligence in Transportation Systems A Critical Review. American Journal of Computing and Engineering, 2023. Volume 6, Issue 1. P. 35-45.
11. Trans.info. На модернізацію транспортної інфраструктури буде виділено 2,5 мільярда євро. В конкурсі можуть брати участь Україна та Молдова. URL: <https://trans.info/ua/na-modernizatsiyu-transportnoyi-infrastruktury-bude-vydileno-2-5-milyarda-yevro-398938>.
12. Gidropress. Роль штучного інтелекту у розвитку автономних автомобілів. URL: <https://gidropress.com.ua/rol-shtuchnogo-intelektu-u-rozvytku-avtonomnyh-avtomobiliv/>.
13. Teletype. Стас Беженар. ШІ на колесах: інновації, перспективи та ризики. URL: <https://teletype.in/@ssstasorri/qD42g-eKblp>.
14. Проксис. Розвиток інтелектуального транспорту за допомогою штучного інтелекту, 5G та граничних обчислень. URL: <https://www.proxis.ua/uk/show-article/531/>.
15. Абрамова Л.С. Елементи теорії штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 2013. Випуск 61-62. С. 32-36.
16. Абрамова Л.С. Елементи теорії штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом: Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 53587. Державна служба інтелектуальної власності. 10.02.14.
17. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні. Монографія. За загальною редакцією Шевченка А.І., 2023. Київ, Видавництво «Наука і освіта». 305 с.
18. Жук М.М., Півторак Г.В., Пруський Є.В., Скиба М.Б. Огляд можливостей використання штучного інтелекту та нейронних мереж у галузі транспортних технологій. Матеріали XII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (16-18 квітня 2024 року, м. Вінниця). С. 106-109.

UDK 656.13, 612.821

DRIVER'S FUNCTIONAL STATE AS A ROAD SAFETY INFLUENCING FACTOR

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Nazar Tiurdo, Solomiia Makarova

*Lviv Polytechnic National University,
12, Stepan Bandery Str., Lviv, 79000*

The human factor in the transportation process significantly impacts traffic safety. This is due to the fact that the driver is one of the least studied and unpredictable links in the "driver-car-road-environment" system. Thus, a proper approach to determining the indicators of the driver's functional state allows us to investigate the reliability of their work and identify early signs of failure.

The concept of functional state is often used in medicine and other fields of science. In particular, it can often be found in ergonomics, which explores the links in the field of human-technology interaction. In transportation, the concept of functional state is frequently used to reflect the impact of driving conditions on the driver's body and its adaptation. Also, the concept of functional state can reflect the readiness of the driver's body to perform their professional duties. This term can also imply an analysis of energy consumption and mobilization capacities [1, 2].

During their professional activities, vehicle drivers are exposed to a significant number of factors, including frequent changes in the road conditions, external and internal environment, intensity of information flow, etc. In addition, noise, vibration, blinding, etc., have a negative impact on the driver's body. All of this leads to a deterioration in its functional state and fatigue, resulting in a decrease in performance and reliability. Accordingly, the issue of studying the human factor in the transportation process and, in particular, analyzing changes in the functional state under the influence of external factors is becoming increasingly relevant. Also, the concept of the driver's functional state is formed based on information about systemic shifts and changes that appear in the body during activity. In this case, the operator's state is considered the reaction of various body systems to stimuli, including internal and external influences. At the same time, it should be noted that any driver's state arises during his or her activity and results from the interaction of the body's various structural elements. [1, 3, 4].

Summarizing the above, it can be argued that the driver's functional state is an integral indicator of his functions and qualities that indirectly or directly affect the performance of professional duties and activities.

Nowadays, depending on the methods, goals, and objectives of scientific research, there are a significant number of indicators that can be used to analyze the driver's functional state. However, electrocardiogram (ECG) and electroencephalogram (EEG) remain the most common measurement methods. This is due to the fact that they are well-developed in medicine and are often used in sports and other industries. These methods used to assess a driver's psychophysiological state mostly have their origins in sports medicine and professional selection programs. However, despite their diversity, all of them usually have the following basic requirements [1]:

- not to create danger to human health and life during the research;
- not to affect the working conditions of the subject;
- be adequate and consistent with the capabilities of the system under study;
- be clearly dosed.

Also, the author of [4] noted that ECG and EEG are often used to analyze the driver's perception of road conditions, their impact on the body, identification of the main influence factors, etc. At the same time, he noted that using an ECG for field studies of drivers' functional state is more expedient. This is due to the fact that it is the most studied and considered perfect in terms of measurement and analysis. At the same time, using this method, the author of [4] found a relationship between the driver's reaction time and their functional state.

Having analyzed the links in the driver-vehicle-road-environment system, it can be stated that the driver's functional state is an essential factor influencing road safety, as it affects the reliability of the driver's work. The author of [5] noted that a significant number of factors affect the driver during work. They can all be divided into two groups: indirect and direct. Accordingly, it can be considered that determining the reliability of a driver's activity requires multifactorial approaches. At the same time, the change in the above indicator depends mainly on the quality of the means of information, the drivers' qualifications, and their individual attributes.

The author of [6] established the dependence of the drivers' functional state influence on the duration of their distraction from the vehicle control process. At the same time, the researchers used methods to determine the psycho-emotional state of the driver and its impact on reducing the reaction time and, accordingly, increasing the probability of an accident. At the same time, the author noted that the location of advertising information in the driver's field of view and the use of mobile devices distract him from the driving process, in particular [6]:

- the use of a mobile device – 0.94 – 4.77 seconds;
- advertising near the road – 0.23 – 2.81 seconds.

Thus, summarizing the above information, it can be concluded that the driver is a key link in ensuring the reliability of the transportation process and reducing the level of accidents on the road network. This is because the level of road safety of all participants (pedestrians, cyclists, other drivers, passengers, etc.) will depend on the driver's behavior and proper actions. The driver makes decisions every second in the conditions of limited time, changing road environment, and the influence of numerous external and internal factors, such as fatigue, stress, health, experience, level of knowledge, and psychological training. Therefore, even a minor mistake or inattention on his part can have critical consequences for road safety in general. Accordingly, the issue of studying the human factor in the transportation process remains relevant, as it is through a deeper understanding of the psychological, cognitive and behavioral aspects of driver activity that adequate means of accident prevention can be developed, the training system can be improved, adaptive technical solutions can be implemented and conditions can be created for the formation of a safe road environment.

References

1. *Постранський Т.М. Психофізіологічні властивості водія та безпека дорожнього руху: монографія / Т. М. Постранський, Ю. П. Кривенчук; за заг. ред Т. М. Постранського. – Львів: Вид-во Тараса Сороки, 2022. – 192 с.*
2. *Жук М. М., Аналіз методів дослідження функціонального стану водія і показників його діяльності / М. М. Жук, В. В. Ковалишин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – 5/2(53). – С. 12–15.*
3. *Davidich Yu. Change of car driver's stress index during different periods of the day in urban traffic conditions / Yu. Davidich, Ye. Kush, D. Ponkratov // Transport technologies, 2020. – Volume 1, Number 2. – P. 23 – 32. DOI: 10.23939/tt2020.02.023*
4. *Ковалишин В. В. Швидкісні режими руху автомобіля у гірських умовах з урахуванням психофізіологічних особливостей водія : дис. кандидата технічних наук: 05.22.01 / В. В. Ковалишин. – Х. :ХНАМГ, 2013. – 171с.*

5. Бойків М. В. *Безпечні режими руху транспортних засобів у темну пору доби з урахуванням функціонального стану водія* : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Бойків М. В. – Львів, 2015. – 175 с.
6. Афанасьєва І. А. *Щодо зміни функціонального стану водія під час отримання інформації з додаткових джерел* / І. А. Афанасьєва. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2014. – №45. – С. 15–20.

УДК 711.4

СУЧАСНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

CURRENT PRIORITIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE CITY'S TRANSPORT SYSTEM

Юрій Оленюк

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

Визначення основних пріоритетів розвитку транспортних характеристик міста залежить від майбутніх соціальних схем розвитку суспільства. Організація руху у містах України, котра є наслідком встановлених поглядів, котрі полягають у необхідності надання безперешкодного проїзду по усім магістралям, як бачення «правильного розвитку» містобудування та значного зростання кількості автомобілів. У країнах світу сьогодні проходять зміни в світогляді людей щодо проживання, а саме – відгородження від негативного впливу автомобілізації та домінування вуличної інфраструктури. Такі зміни формуються також створенням нових стандартів міського середовища водночас із якісними змінами транспортних перевезень. Міський простір, таким чином, впорядковує і саме життя городян, надаючи їм можливість перебування в сприятливому середовищі із безпроблемним переміщенням.

У багатьох країнах тепер пріоритетом сучасного планування міста, а отже й транспортної складової, взято досвід Швейцарії, де у цій сфері створюються приклади максимально адаптованого середовища для перебування людини в середовищі вулиці: тротуар – зелена зона – будинок. Правильні рішення приходять при спільній роботі проектувальників міського середовища із екологами та психологами.

Можливі два протилежні напрямки вирішення розвитку транспортного питання міста: місто для машин та місто для людей. Такі визначення чітко розмежовують протилежні варіанти середовища проживання. Перший напрямок характеризується показниками на прикладі багатьох міст України, де зафіксовано проблеми, котрі пов'язані із небажаним розвитком ситуації (вміст шкідливих речовин у повітрі, затримки транспорту тощо).

У другому випадку представлено не тільки характеристику вуличного простору, а визначено світогляд, ідеологію життєвої концепції – змінити якість проживання, збільшивши швидкість переміщення, значно обмеживши кількість приватного автотранспорту на вулицях міста. У кожному європейському місті існує план на майбутні 20-30 років щодо зменшення кількості транспорту в місті. Як приклад, в Гамбурзі існує програма «Зелена мережа», – комплексний план із зменшення шкідливих викидів та створення зон, вільних від приватних автомобілів.

Нижче наведено основні напрямки удосконалення транспортних схем у європейських містах. Збільшення площі доріг призведе до збільшення кількості машин та, відповідно, до

обмеження громадського простору. Такий теоретичний підхід отримав підтвердження досвідом європейських міст, які передбачили та зуміли уникнути наявного в наших містах транспортного колапсу декілька десятиків років тому [1]. Як негативний приклад, розглядався розвиток транспортної мережі країн Східної Азії, де пріоритетом завжди була розбудова вуличної інфраструктури

У багатьох містах України вулиці реконструйовано таким чином, що головні потоки отримали можливість безперешкодно потрапляти у центр і створювати корки.

В умовах міста (для країн пострадянського періоду) для громадян пріоритетами є наявність автомобіля та можливість безперешкодно користуватись ним. Такі питання європейських цінностей як екологія та громадський простір відходять на другорядні позиції. Хоча в цих чинниках закладені кращі умови проживання – менша кількість забруднення повітря та економічні переваги. У сучасних умовах ненадійного функціонування громадського транспорту існує все ще переконання: добиратись у місце призначення необхідно на особистому автомобілі. Ця догма, звичайно, підтверджується існуючими заторами на вулицях міст нашої держави. Така соціальна тенденція – неприйнятна у тій же Швейцарії.

До такого висновку прийшли шляхом опитування громадської думки та досліджень психологів та соціологів. Необхідно скористатись таким досвідом. Цей шлях передбачає тривалі роз'яснення, деякі обмеження, пов'язані із заборonoю руху у межах міста на власному транспорті. У кінцевому результаті досягаються загальні економічні переваги та швидкість переміщення на громадському транспорті.

Створення різнопланових удосконалень міського простору вимагає ознайомлення із конкретними обставинами реалізації проекту, після чого необхідна тривала робота із роз'яснення майбутніх змін серед населення.

Нижче наведено основні напрямки удосконалення транспортних схем у європейських містах. Два важливі принципи, котрих притримуються проектанти організації «платформи розвитку міст» Лукас Бюльман та Франк Аргаст, сконцентровані у такому виразі: людина в місті повинна проходити найбільшу відстань та повинна користуватись найбільше громадським транспортом. Характеристика швейцарських принципів проектування міського простору настільки діаметрально відрізняються від вітчизняних, що виникає думка про наявність інших критеріїв планування міського простору. Однак соціальні потреби є однаковими, а розбіжності в існуючих стандартах переміщення на транспорті викликані невідповідністю наявних проектних норм містобудування до вимог сучасного суспільства. Проведення реформ у містах можливе при створенні соціальних передумов. Усвідомлення змін повинно бути також обґрунтоване економічними фактами. Створення різнопланових удосконалень міського простору вимагає ознайомлення із конкретними обставинами реалізації проекту, після чого необхідна тривала робота із роз'яснення майбутніх змін серед населення.

Такі зміни – єдиний вихід із ситуації, котра існує у багатьох містах держави. У випадку таких майбутніх нововведень необхідно викреслити такі особисті мотиви:

- 1) жителі сприймуть необхідність таких змін в першу чергу через здоров'я особисте та сім'ї;
- 2) економічні вигоди – немає потреби витрачатись на паливо, на оплату стоянки;
- 3) виграш у часі при переїзді в межах міста;
- 4) усвідомлення особистої участі у нововведеннях для майбутнього міста.

Закріпленню таких поглядів сприятиме залучення до таких нововведень, тобто участь у проекті на рівні опитування. Необхідно створити зони із закриттям магістральних вулиць для приватних автомобілів із повним пріоритетом громадського транспорту та забезпеченням кількості та якості пасажирських перевезень, котрі відповідають рівню європейських країн.

Для переходу на швидкісний громадський транспорт у місті, згідно з реалізованими зразками європейських міст, необхідно провести економічне тестування проекту. Задля отримання впевненості громадян у позитивних результатах запланованого дій необхідно протестувати в наближеному варіанті до таких важливих змін. Алгоритм пропонується такий. Так як рейковий транспорт складно технічно та фінансово в рамках експерименту видозмінити до швидкісного, усі перевезення здійснюватимуться виключно автобусами із виділеними смугами руху. Зону обмеження приватного транспорту варто прирівняти до наявних моделей європейських міст. Також в обов'язковий регламент проекту входить організація стоянок навколо зони обмеження. Звичайно, безкоштовних, оскільки варіант «паркуй та їдь» повинен сприяти умовам заохочення водіїв не користуватись приватним транспортом задля покращання екологічної ситуації.

Література

1. Сенюра О.В. Специфіка та тенденції розвитку сучасного міста в соціологічному дискурсі / О.В. Сенюра // Український соціум: науковий журнал. – 2009. – 3 (30). – С. 25-36.

УДК 629.4.027.31-272.82:625.03

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ

ENSURING THE SAFETY OF HIGH-SPEED RAILWAY ROLLING STOCK

Андрій Кузишин

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

The dynamic indicators and safety indicators of high-speed rolling stock in its interaction with the rail track in high-speed traffic are considered.

Підвищення швидкостей руху рухомого складу залізничного транспорту є ключовою задачею збільшення пропускної та провізної здатності залізничних пасажирських перевезень. У свою чергу це призводить до підвищеного силового впливу рухомого складу на рейкову колію, особливо в кривих ділянках малого радіусу. Однак, для забезпечення безпеки руху динамічна поведінка рухомого складу повинна відповідати допустимим динамічним показникам (коефіцієнт верикальної та горизонтальної динаміки першого та другого ступенів ресорного підвішування, прискорення кузова у вертикальному та горизонтальному напрямках тощо) та показникам безпеки руху (коефіцієнт запасу стійкості проти сходу колеса з рейки) [1-2].

Основними конструктивними елементами екіпажної частини рухомого складу, від роботи яких залежить рівень динамічних показників та показників безпеки руху, є ступені ресорного підвішування.

У першій ступені ресорного підвішування зазвичай застосовуються стандартні виті циліндричні пружини та гідравлічні або фрикційні гасники коливань.

Більш різноманітною є друга ступінь ресорного підвішування швидкісного рухомого складу, де застосовують пневматичну систему ресорного підвішування. Вона складається з

таких основних конструктивних елементів: пневматичної ресори, додаткового резервуару та з'єднувального трубопроводу. Вся ця система заповнена стисненим повітрям, манометричний тиск якого може змінюватись у процесі експлуатації рухомого складу. Характеристиками системи є її жорсткість та коефіцієнт демпфування. Коефіцієнт демпфування головним чином залежить від геометричних параметрів з'єднувального трубопроводу, що досліджено у роботі [3].

Отже, за допомогою просторової математичної моделі динамічної поведінки швидкісного електропоїзда ЕКр-1 «Тарпан» було знайдено значення коефіцієнтів вертикальної динаміки другого ступеня ресорного підвішування та побудовано їх залежності від швидкості руху при взаємодії рухомого складу з рейковою колією на прямій ділянці з кінематичним збуренням.

Встановлено, що збільшення внутрішнього тиску в системі пневматичного ресорного підвішування призводить до зменшення коефіцієнтів вертикальної динаміки. При визначенні впливу об'єму додаткового резервуара на коефіцієнти вертикальної динаміки основну увагу слід звернути на діаметр з'єднувального трубопроводу та швидкість руху. При діаметрі з'єднувального трубопроводу 25 мм зміна об'єму в діапазоні 30÷60 літрів призводить до незначного ефекту, що не перевищує 3,27% у всьому діапазоні швидкостей руху. Однак при діаметрі з'єднувального трубопроводу 35 мм зміна об'єму додаткового резервуара в діапазоні 120÷180 км/год призводить до значного впливу на коефіцієнти вертикальної динаміки, максимальне відсоткове значення якого становить 19,52%.

Отримані результати дозволять оцінювати динамічну поведінку швидкісного рухомого складу ще на етапі його проектування та встановлювати безпечні умови експлуатації.

Література

1. Kuzyshyn A., Batig A., Kostritsa S., Sobolevska J., Kovalchuk V., Dovhanyuk S., Voznyak O. *Research of safety indicators of diesel train movement with two-stage spring suspension. BulTrans 2018: 10th Intern. Sci. Conf. on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies, 2018, vol. 234.* <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823405003>.
2. Kuzyshyn A., Batig A., Kostritsa S., Sobolevska J., Dovhaniuk S., Dzhus V. *Study of the Dynamic Behavior of Rolling Stock using a Computer Experiment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 15th Intern. Sci. and Techn. Conf. «Problems of the railway transport mechanics» (PRTM 2020); vol. 985, Dnipro, Ukraine (2020). DOI 10.1088/1757-899X/985/1/012002.*
3. Kuzyshyn A., Kovalchuk V., Stankevych V., et al. *Determining patterns in the influence of the geometrical parameters of the connecting pipeline on the dynamic parameters of the pneumatic spring of railroad rolling stock. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023; 1/7(121), pp. 57–65.* <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.274180>

УДК 625.12:625.745.2

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДАХ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ

METHOD FOR IMPROVING TRAFFIC SAFETY AT RAILWAY PEDESTRIAN CROSSINGS THROUGH THE USE OF AN INFORMATION WARNING SYSTEM.

Юлія Лесів, Віталій Ковальчук

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

The article explores informational, technical, and organizational solutions to improve pedestrian safety when crossing railway tracks.

Залізничні колії часто створюють серйозний бар'єр для пішохідного руху в містах [1]. Проблема забезпечення безпеки пішоходів під час перетину залізничних колій залежить не лише від геометричних характеристик переходу та поведінки пішоходів, але й від динаміки руху поїзда, зокрема його швидкості. Швидкість впливає на необхідний час завчасного попередження пішохода про наближення поїзда. Це, своєю чергою, формує достатній інтервал для безпечного реагування, зменшує ймовірність ризикованої поведінки та сприяє загальному підвищенню рівня безпеки на переході.

Особливо критичним є питання недостатньої адаптації попереджувальних систем до реальної швидкості руху поїздів [2]. Відсутність ефективного інформування пішоходів про наближення поїзда стає причиною небезпечної поведінки, що нерідко завершується травмуванням, або летальними випадками.

Безпека руху пішоходів на залізничних переїздах з пішохідним рухом та залізничних пішохідних переходах поза межами залізничного переїзду залежить від системи інформування пішохода про наближення поїзда. В Україні найбільш поширеною системою сигналізації на залізничних переїздах є автоматична переїзна сигналізація (АПС), яка може бути доповнена автоматичними, або напівавтоматичними шлагбаумами. Ці системи забезпечують світлову та звукову сигналізацію для попередження водіїв і пішоходів про наближення поїзда [3]. Проте достатньої уваги, саме інформуванню пішоходів та їхній безпеці руху не приділено.

В умовах активного розвитку міської агломерації, у дослідженні [4] вказується на те, що пішоходи з більшою ймовірністю саме порушують правила переходу залізниці, а не роблять помилки. Це може бути зумовлено тим, що наявні системи інформування пішохода про наближення поїзда не враховують оптимальний час терплячого очікування пішоходів.

У науковій роботі [5] запропоновано інформаційну систему попередження пішоходів про рух поїзда. Система базується на застосуванні інерційних сенсорів, вмонтованих у шпали залізничної колії, які дозволяють фіксувати фактичну швидкість поїзда на ділянці наближення до переходу (рис. 1). На основі цих даних система автоматично активує світлозвукову сигналізацію та інформаційне табло з фіксованим часом попередження пішохода.

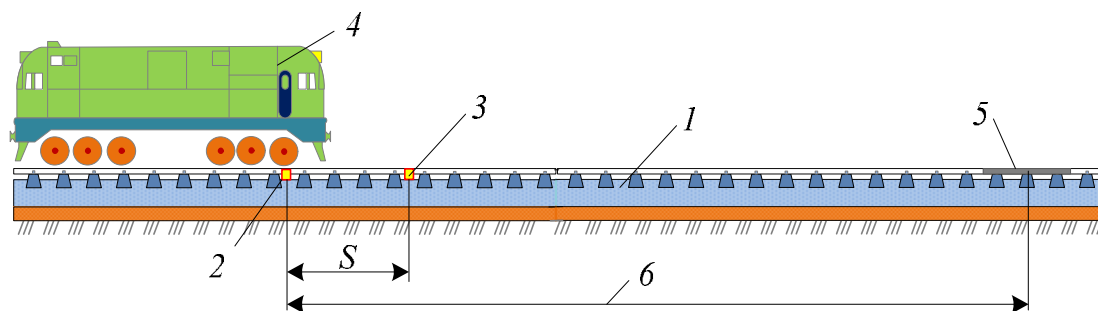


Рис.1. Схема визначення швидкості рухомого складу залізниці при наближенні до залізничного пішохідного переходу, де 1 – залізнична колія, 2 – перший інерційний датчик, 3 – другий інерційний датчик, 4 – рухомий склад, 5 – залізничний пішохідний перехід, 6 – ділянка наближення до переходу.

Запропонована інформаційна система є ефективним технічним рішенням для підвищення безпеки пішоходів на залізничних переходах. Вона дозволяє адаптувати роботу сигналізації до реальних умов руху поїздів і враховує людський фактор – зокрема, допустимий час очікування пішохода. Система може бути інтегрована у транспортну інфраструктуру населених пунктів із інтенсивним пішохідним рухом.

Засоби сповіщення пішоходів про наближення поїзда теж відіграють важливу роль у підвищенні безпеки руху на залізничних пішохідних переходах. Запропонована корисна модель [6] з використанням комбінованого світло-звукового сигнального пристрою з інформаційним табло дозволить попередити пішохода про рух рухомого складу до переходу, що у результаті призведе до підвищення безпеки руху пішоходів через залізничну колію, в тому числі дозволить інформувати незрячих та людей з вадами слуху.

Застосування наведених технічних і організаційних рішень на залізничних пішохідних переходах сприятиме зниженню кількості аварійних ситуацій та рівня травматизму серед пішоходів, особливо в умовах щільної міської забудови, де ризики перетину колій є підвищеними.

Література

1. Jehle, U., Coetzee, C., Büttner, B., Pajares, E., & Wulforth, G. (2022). Connecting people and places: Analysis of perceived pedestrian accessibility to railway stations by Bavarian case studies. *Journal of Urban Mobility*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100025>
2. Kovalchuk, V., & Lesiv, Y. (2024). Problems of ensuring the safety of pedestrian traffic across railway tracks and ways to solve them. *Transport Systems and Technologies*, 43, 8–20. <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43-1>
3. RWA. (n.d.). MPAPS: Модернізована переїзна автоматична попереджувальна сигналізація. <https://rwa.ua/uk/resheniya/promyishlennyiy-zheleznodorozhniy-transport/mpaps.html>
4. Larue, G. S., & Watling, C. N. (2022). Prevalence and dynamics of distracted pedestrian behaviour at railway level crossings: Emerging issues. *Accident Analysis & Prevention*, 165, 106508. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106508>
5. Kovalchuk, V., & Lesiv, Y. (2024). Devising a method for improving pedestrian traffic safety when crossing railroad tracks by implementing an information system with a fixed warning time. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(3(128)), 50–59. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300168>
6. Kovalchuk, V. V., & Lesiv, Y. Z. (2025). Patent No. 158097. Method for improving pedestrian traffic safety at railway crossings with pedestrian traffic (Ukrainian Patent No. u2024 00975). Filed February 26, 2024, and published January 1, 2025, in Official Bulletin No. 1/2025.

УДК 656.13

ДО ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

TO ASSESMENT OF ECOLOGICAL SAFETY OF TRAFFIC FLOWS

Володимир Гілевич, Юрій Яремко

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

The main factors that characterize the ecological safety of transport are presented. The expediency of using another important indicator in the analysis of ecological safety – electromagnetic radiation from traffic flows – is substantiated. The development of an integrated approach to the analysis of ecological safety of transport will help to reduce the potential risks to human health and the environment.

Зі зростанням урбанізації та автомобілізації питання екологічної безпеки транспортних потоків набуває все більшої актуальності. Сучасні міста стикаються з серйозними екологічними викликами, спричиненими високою інтенсивністю дорожнього руху. Згідно з дослідженнями, викиди від транспортних засобів становлять до 90% усіх забруднюючих речовин у повітрі мегаполісів [1].

Загальновідомо, що екологічна безпека транспорту визначається трьома основними показниками: викидами забруднюючих речовин, шумом і вібрацією. Проте, багато науковців [2-5], які займаються дослідженнями в цій царині, переконливо доводять, що в сучасних умовах потрібно додавати ще один важливий чинник – рівень електромагнітного випромінювання від транспорту. З цим важко не погодитись, адже, згідно нещодавно опублікованими даними [6] рівень цього забруднення кожні десять років зростає у 10-15 разів і зараз становить приблизно 18-32% територій міст.

Рівні електромагнітного забруднення довкілля набули таких значень, що ВООЗ ще у 1995 р. включила цю проблему (особливо із ростом кількості автомобілів) до однієї з найактуальніших для населення міст. Вона офіційно запровадила термін «глобальне електромагнітне забруднення довкілля». В Україні також розроблено ряд нормативних документів, якими регламентуються рівні електромагнітного випромінювання [7-8], однак, наведені в них значення відносяться загалом до всіх галузей народного господарства, а не для транспортного комплексу зокрема.

У чому ж основна небезпека електромагнітного випромінювання? Електромагнітне випромінювання – це форма енергії, яка поширюється у вигляді електромагнітних хвиль з широким спектром частот, від низькочастотних радіохвиль до високочастотного гамма-випромінювання. У повсякденному житті людина піддається впливу різних джерел такого випромінювання (мобільні телефони, Wi-Fi-роутери, мікрохвильові печі, електротранспорт тощо). Дослідження показують, що вплив електромагнітного випромінювання може призводити до різних фізіологічних змін в організмі людини. Зокрема, спостерігаються порушення в роботі нервової, серцево-судинної, ендокринної та імунної систем. Симптоми можуть включати головний біль, втому, безсоння, зниження концентрації уваги та пам'яті [9]. Міжнародне агентство з вивчення раку (IARC) класифікує радіочастотне електромагнітного випромінювання як «можливо канцерогенне для людини» (група 2B), базуючись на обмежених доказах зв'язку між впливом електромагнітним випромінюванням та

розвитком гліоми – типу пухлини головного мозку [10]. Однак, інші дослідження не підтверджують цього зв'язку, вказуючи на необхідність подальших досліджень [11].

З інтенсивним наповненням вулиць міст електромобілями та гібридними транспортними засобами, загострюється проблема щодо електромагнітного випромінювання, яке вони генерують. Хоча його рівні від таких транспортних засобів зазвичай знаходяться в межах міжнародних стандартів безпеки, однак тривалий вплив може викликати занепокоєння щодо потенційного впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище.

Основними джерелами електромагнітного випромінювання у сучасних автомобілях є: електродвигуни та інвертори, системи живлення високої напруги, бездротові комунікаційні системи та системи безключового доступу тощо.

На сьогодні розроблено ряд заходів щодо можливого зменшення негативного впливу електромагнітного випромінювання від транспорту: електромагнітне екранування, заземлення, фільтрація сигналів, оптимізація розміщення компонентів, використання екранів та бар'єрів. Однак, зазначені методи стосуються в основному одного транспортного засобу, а чітких розроблених заходів захисту (чи, принаймні, зменшення негативного впливу) від транспортного потоку у структурі якого щораз більше таких автомобілів на сьогодні ще не розроблено і навряд чи буде зроблено в найближчій перспективі через свою складність виконання.

Усе вищесказане засвідчує потребу у розробленні комплексного підходу до аналізу екологічної безпеки транспортних потоків, що дасть змогу виявляти найбільш критичні джерела забруднення, оптимізовувати транспортну інфраструктуру. Впровадження ефективних методів зменшення впливу електромагнітного випромінювання від транспортних потоків сприятиме також зниженню потенційних ризиків для здоров'я людей та навколишнього середовища.

Література

1. *Викиди від транспорту і як з ними боротися: інтерв'ю експертів Екодії для Федерації автотранспорту України*. URL: <https://ecoaction.org.ua/vykydy-vid-transportu.html>.
2. Fornalchuk Y., Hilevych V. *Characteristics of motorization's impact on the urban population*. *Transport Technologies*, 2023. Vol. 4, No 2. P. 69-77.
3. Матейчик В.П., Цюман М.П., Смешек М. *Особливості моніторингу і контролю показників екологічної безпеки транспортних засобів і транспортних потоків в умовах інтелектуальних систем*. *Вісник Національного транспортного університету*, 2016. № 1(34). С. 255-266.
4. Филенко В.В., Будянська Е.М. *Електромагнітне забруднення біосфери автотранспортом (автомобілі, гібридні автомобілі)*. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*, 2010. № 893. С. 70-76.
5. Гоженко А.І., Євстаф'єв В.М., Білокриницький В.С., Скиба О.В. *Електромагнітне випромінювання на транспорті*. *Вісник Національної академії наук України*, 2007. № 12. С. 25-34.
6. Бажинів О.В., Кравцов М.М. *Електромагнітне випромінювання гібридних автомобілів*. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, 2022. № 21. С. 40-47.
7. Кабінет міністрів України. *Постанова № 456 «Про затвердження Програми забезпечення безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки транспортних засобів»*, 6 квітня 1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/456-98-%D0%BF#Text>.
8. Міністерство охорони здоров'я України. *Наказ № 239 «Про затвердження Державних санітарних правил та норм захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання»*, 1 серпня 1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>.
9. Kivrak E.G., Yurt K.K., Kaplan A.A., Alkan I., Altun G. *Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system*. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 2017. No 2(2017). P. 167-176.
10. *Electromagnetic Fields and Cancer*. National Cancer Institute. URL: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/electromagnetic-fields-fact-sheet>.

11. May N. *Mobile phones not linked to brain cancer, biggest study to date finds. The Guardian, 2024.*
URL: <https://www.theguardian.com/science/article/2024/sep/04/mobile-phones-not-linked-to-brain-cancer-biggest-study-to-date-finds>.

УДК 656.13

ДО ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДОРОЖНІХ УМОВ РУХУ

ON THE ISSUE OF MODELING AND VISUALIZATION OF ROAD TRAFFIC CONDITIONS

Хітров Ігор

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

The article discusses approaches to modeling and visualization of road traffic conditions in order to improve the efficiency of traffic flow management.

Моделювання транспортних процесів є потужним інструментом для покращення ефективності та безпеки транспортних систем, а також для зменшення негативного впливу на довкілля. За допомогою моделювання здійснюють оптимізацію ресурсів (дозволяє аналізувати та оптимізувати використання різних видів ресурсів), прогнозування попиту (шляхом моделювання транспортних потоків можна прогнозувати попит на транспортні послуги в майбутньому, що дозволяє планувати інфраструктуру та ресурси), управління потоками (розробка стратегій управління трафіком та плануванні інфраструктурних проєктів, спрямованих на поліпшення руху транспорту), оцінку впливу (моделі можуть використовуватися для оцінки впливу транспортних систем на навколишнє середовище, зокрема на рівень забруднення повітря та зміни клімату), планувати маршрути (вибір оптимальних маршрутів для перевезення вантажів та пасажирів з урахуванням різноманітних обмежень та умов) та аналізувати нестандартні ситуації (моделі можуть бути використані для аналізу безпеки руху та розробки заходів для запобігання дорожнім пригодам) [1].

Моделювання дорожніх умов руху транспорту в місті є процесом створення віртуальної моделі транспортної мережі, що дозволяє аналізувати, передбачати та оптимізувати транспортні потоки, перспективний розвиток мережі та інфраструктури в цілому. Воно допомагає краще зрозуміти, як впливають різні фактори на рух транспорту та перевірити дієвість розроблених заходів підвищення ефективності мережі, не вдаючись до її реального відтворення (побудови або реконструкції) [2].

Моделювання з 3-D відтворенням дорожнього руху в спеціалізованому німецькому програмному забезпеченні PTV Vissim є ключовим інструментом для аналізу складних проблем у транспортних системах [3, 4]. Вона дозволяє ефективніше розподіляти обмежені ресурси та бюджети під час планування розширення чи перебудови інфраструктури, можна оцінювати вплив різних сценаріїв і рішень на обсяг і потік трафіку за різних умов, що допомагає приймати зважені рішення. Моделювання створює міцну основу для економічно обґрунтованих рішень, які забезпечують безпеку, сталість та гнучкість мобільності,

адаптованої до реальних потреб та сприяє розвитку мобільності, орієнтованої на майбутнє, яка буде стійкою, справедливою та ефективною для різних груп користувачів.

Моделювання дорожніх умов потребує збору даних про транспортні потоки, інтенсивність руху, швидкісні режими, структуру транспортного потоку, місця виникнення заторів, світлофорні цикли та обмеження на конкретних ділянках.

Створення віртуальної моделі міської транспортної мережі, яка включає в себе дороги, перехрестя, розмітку, пішохідні переходи та інші об'єкти інфраструктури.

Модель з 3-D відтворенням дозволяє спостерігати за рухом транспортних засобів на різних ділянках мережі, перевіряти реакцію потоку на зміни умов, наприклад, додавання нової смуги або інші зміни (рис. 1).

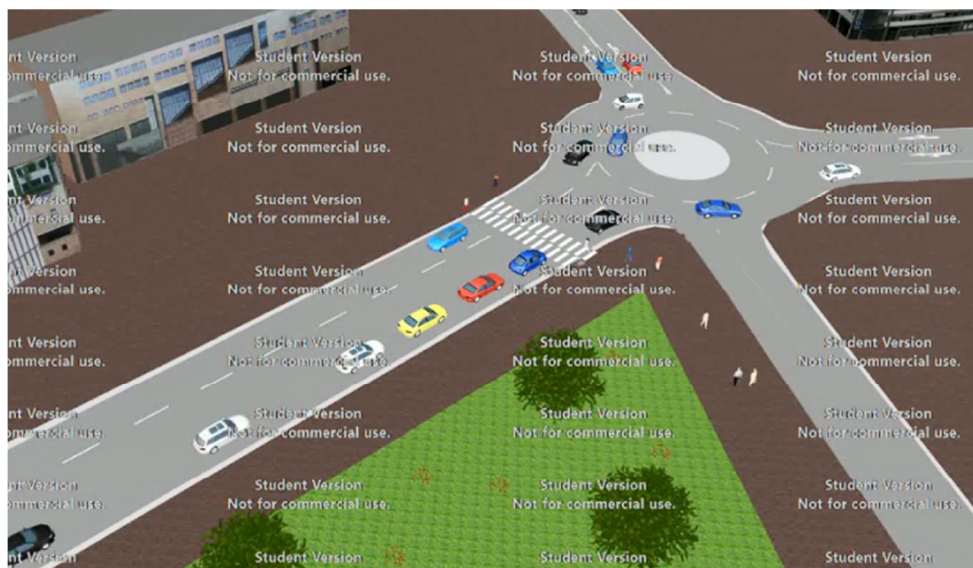


Рис 1. Оцінка пропускної здатності міської магістральної вулиці

Важливим є аналіз результатів та їх оптимізація, що направлені на виявлення вузьких місць, зон заторів та перевантажених ділянок. На основі отриманих даних вносяться відповідні зміни і здійснюється їх перевірка на новій стимуляційній моделі. Тестування різних сценаріїв (наприклад, зміни інтенсивності руху в годину пік або смуг руху) для перевірки їх впливу на загальний потік.

Моделювання дорожньої мережі в PTV Vissim включає кілька послідовних етапів, кожен із яких спрямований на створення реалістичної симуляції транспортного потоку та інфраструктури і передбачає збір даних про дорожню мережу, власне її масштабне відтворення, налаштування транспортних потоків, введення типів і маршрутів транспортних засобів, налаштування регулювання дорожнього руху, запуск симуляції, аналіз результатів з наступною оптимізацією моделі [5].

Таким чином, завдяки комп'ютерному моделюванню можна ефективно прогнозувати попит на транспортні послуги, планувати інфраструктурні проекти, оптимізувати маршрути та ресурси, а також розробляти стратегії управління транспортним потоком.

Література

1. Хітров І. О., Ковалець В. П. До питання комп'ютерного моделювання транспортних процесів. Перспективи розвитку машинобудівної інженерії та транспортних технологій : зб. тез доп. Всеукр. наук.-техн. інтер.-конф., 14 травн. 2024р. Житомир : ДУ «ЖП», 2024. С. 103.
2. І. Хітров. До питання транспортного моделювання в програмному середовищі PTV VISSIM. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних

систем : зб. матеріалів IV Всеукр. наук.-техн. інтернет-конф., 26-27 квіт. 2023р. Рівне : НУБГП, 2023. С. 146-147.

3. PTV Vissim. Germany. PTV Planning Transport. Verkehr AG. 2021. 158p.

4. Multimodal Traffic Simulation Software. PTV Group веб-сайт. URL : <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>.

5. Коротка інструкція до виконання проєктів в PTV Vissim 6. Беспалов Лаб : веб-сайт. https://bespalov.me/wp-content/uploads/2017/03/quickstart_vissim_6-0.pdf

УДК 656.13

ОЦІНКА КЛЮЧОВИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС РУХУ СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

ASSESSMENT OF KEY PARAMETERS INFLUENCING THE MOVEMENT PROCESS OF EMERGENCY VEHICLES

Іван Паснак

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

The parameters that may influence the travel time of emergency vehicles to the incident location are considered. An analysis of existing publications in this field is presented. The relevance and necessity of further research in this area are demonstrated.

Важливим чинником у контексті порятунку та надання допомоги оперативними службами (пожежно-рятувальними підрозділами, швидкою медичною допомогою тощо) є забезпечення максимально короткого часу прибуття транспортних засобів цих служб до місця виклику. Для прикладу, в контексті діяльності пожежно-рятувальної служби у публікації [6] наведена залежність, що показує вплив часу вільного розвитку пожежі на її площу (із урахуванням лінійної швидкості розповсюдження пожежі). Звідси можна зробити висновок, що навіть доволі невелике зменшення тривалості вільного розвитку пожежі дасть змогу суттєво зменшити площу пожежі та, відповідно, обсяг завданих нею збитків [2].

Окреслена проблематика розглядається з різних точок зору. Наприклад, в роботі [1] йдеться про вплив вуличного паркування на затримки транспортного потоку, яке також може мати вплив (зокрема, в центральних районах міст) на рух оперативних транспортних засобів. Про вплив чинників на процес руху пожежного автомобіля до місця виклику (та, як наслідок, зменшення тривалості вільного розвитку пожежі) йдеться у роботах [3, 4, 5]. Зокрема, в праці [4] на основі теорії графів, теорії ймовірностей та основних принципів організації дорожнього руху запропоновано новий спосіб визначення оптимального маршруту.

Як бачимо, дослідження та оцінка ключових параметрів, що можуть мати вплив на тривалість руху транспортних засобів оперативних служб до місця виклику, досі залишається актуальним завданням сьогодення, що потребує подальших досліджень.

Література

1. Hrytsun, O., & Pasnak, I. (2024). Вплив вуличного паркування на затримки транспортного потоку. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 30, 284-292. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.27>

2. Pasnak, I. (2024). Вплив чинників на тривалість руху пожежного автомобіля до місця виклику. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД. 156-157.

3. Prydatko, V., Chalyu, D., Prydatko, O., & Kobko, V. (2023). Аналітичний огляд методів та параметрів оптимізації зон обслуговування рятувальних підрозділів. Пожежна безпека, 43, 123-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.14>

4. Pasnak, I., & Renkas, A. (2020). Optimization of the duration of emergency vehicle movement to the place of fire. Transport problems, 15(4, cz. 1), 117-124.

5. Hulida, E. M., Pasnak, I. V., & Vasilyeva, E. E. (2017). Methodology for reducing the duration of the free development of fire. Safety & Fire Technology, 48(4), 80-87.

6. Pasnak, I., Prydatko, O., Gavrilyk, A., Kolesnikova, A., & Gangyr, Y. (2016). Analiz chynnykiv vplyvu na tryvalist sliduvannia pozhezhnogo avtomobilia do mistia vyklyku. Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine, 26(1), 286-291.

УДК 331.101.1

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ, КЕРОВАНИХ ЛЮДИНОЮ

ENSURING THE SAFETY OF HUMAN-OPERATED SYSTEMS

Галина Мигаль¹, Ольга Протасенко²

¹Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79000

²Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,
проспект Науки, 9А, Харків, 61166

The work is devoted to the search for means of identifying patterns of mutual adaptation of subsystems of a system "man-machine-environment". A universal approach to studying the dynamics of complex systems is proposed, as well as universal means of analyzing the dynamics of mutual adaptation processes between their subsystems. The universality of the approach to processing signals of the functioning of complex systems allows for analyzing their safety in real time.

Забезпечення працездатності, надійності та безпеки складних систем, керованих людиною (систем «людина-техніка-середовище»), транспортних, технологічних та енергетичних комплексів) безпосередньо залежить від процесу отримання та обробки інформації, в якій відображається динаміка функціонування всіх її підсистем. Формування та розвиток будь-якої системи є процес взаємної адаптації елементів системи між собою та системи в цілому із зовнішнім середовищем. Порушення узгодженості функціонування підсистем системи «людина-техніка-середовище» внаслідок зміни працездатності людини як її підсистеми знижує ефективність управління та безпеку. Тому пошук засобів виявлення закономірностей взаємної адаптації підсистем людини, машини та середовища є актуальним. Для цього потрібний універсальний підхід до дослідження динаміки всіх підсистем системи «людина-техніка-середовище», включаючи і людину, а також пошук універсальних засобів аналізу динаміки процесів взаємної адаптації між ними.

Врахування ролі людського фактора в безпеці системи «людина-техніка-середовище» передбачає аналіз безлічі психологічних, енергетичних, інформаційних та інших аспектів.

Ключова проблема – це індивідуальність характеру зміни функціонального стану людини у екстремальних умовах. У звичайних умовах індивідуальність проявляється у тонких особливостях різних функціональних характеристик, зв'язок між якими мало помітний навіть при використанні сучасних засобів ідентифікації станів та їх аналізу. Тому ефективність управління системою «людина-техніка-середовище» безпосередньо залежить, з одного боку, від своєчасної ідентифікації перехідних функціональних станів людини, з іншого – від узгодженості функціонування всіх підсистем системи «людина-техніка-середовище», включаючи і людину-оператора.

Запропоновано універсальний підхід до аналізу та забезпечення безпеки системи «людина-техніка-середовище». В його основі – динамічна ідентифікація функціонального стану всіх підсистем системи «людина-техніка-середовище» за допомогою сигнатур сигналів їх функціонування [1]. Саме в сигнатурах найбільше проявляється індивідуальність сигналів функціонування. Аналіз сигнатур за допомогою універсальних параметрів та показників дає можливість своєчасно виявляти перехідні стани підсистем, не узгодженість яких зменшує безпеку функціонування системи [2, 3].

Переваги сигнатурного підходу розглянуті на прикладі виявлення та порівняльного аналізу індивідуальних особливостей спектру сенсора випромінювання та кардіосигналу людини. Так, аналіз сигнатур 1-го та 2-го порядку функціонування міокарда людини та спектру сенсора випромінювання показав, що універсальність засобів дозволяє узгоджувати адаптаційні можливості всіх підсистем системи «людина-техніка-середовище» (див. рис. 1) [3, 4].

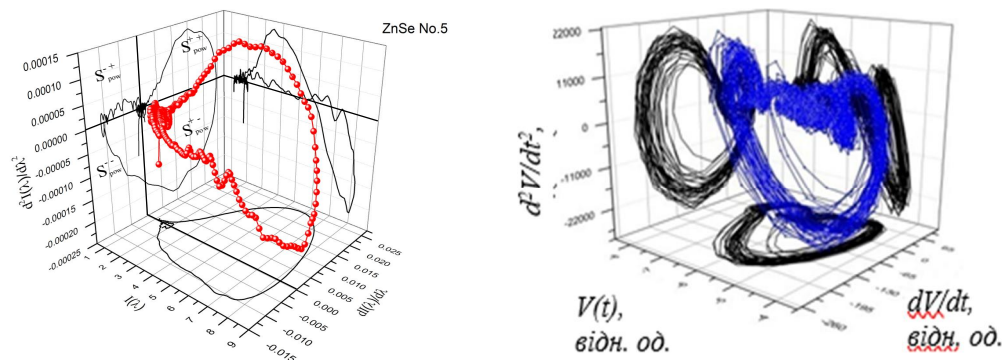


Рис. 1. Спектр сенсора випромінювання (а) та електрофізіологічний сигнал (ЕКГ людини) (б) як траєкторія динамічних подій (точки на траєкторії), проєкції траєкторії – сигнатури 1-го і 2-го порядків (площини а, b і с відповідно) [2, 3, 4].

Подання сигналів функціонування керуючих підсистем системи «людина-техніка-середовище» як сигнатур дозволяє в режимі реального часу здійснювати їх динамічну ідентифікацію. При цьому подібність сигнатур сигналів функціонування різних підсистем за формою подання дозволяє: а) здійснювати комплексний аналіз різних за природою сигналів функціонування підсистем системи «людина-техніка-середовище»; б) оптимізувати управління системою через узгодження функціонування підсистем. Для кількісного аналізу сигнатур сигналів застосовано універсальні диференціально-геометричні параметри та статистичні показники динамічної впорядкованості та енергетичної збалансованості їх складових.

Запропоновано засоби аналізу пакетів сигнатур фізіологічних сигналів, у яких індивідуальні особливості перехідних функціональних станів (перевтома, стрес та ін.) людини виявляються на ранніх стадіях [3, 4]. Аналіз пакетів сигнатур сигналів функціонування людини (електрокардіограми, електроокулограми та ін.) дозволяє ідентифікувати різні фази працездатності, своєчасно виявляти перехідні стани (перевтома, стрес та ін.) (див. рис. 1б).

Пакети сигнатур сигналів стану підсистем системи «людина-техніка-середовище» дозволяють досліджувати процеси взаємної адаптації людини з машиною та середовищем, враховуючи різні індивідуальні особливості роботи операторів, рівень їхньої підготовленості. Подання сигналів функціонування як сигнатур спрощує систему відображення інформації та підвищує ефективність управління.

Розвиток підходу здійснено у напрямку аналізу акустичних сигналів транспортних систем з метою їх ідентифікації та діагностики їх стану. Проведено дослідження та представлення у параметричному просторі сигналу шуму двигунів внутрішнього згоряння в різних режимах, автомобілів різних станів та віку. Запропоновано методику визначення наявності механічних дефектів за шумовими параметрами та ідентифікації стану функціонуючої механічної системи, на прикладі параметричної візуалізації шумового акустичного сигналу двигуна [5, 6].

Таким чином, універсальність сигнатурного підходу до обробки сигналів функціонування різних підсистем дозволяє аналізувати безпеку системи «людина-техніка-середовище» у режимі реального часу та підвищити її надійність. Підхід, що розвивається, та запропоновані універсальні засоби перспективні для дослідження людино-машинної взаємодії, міжмашинної взаємодії та підвищення ефективності експлуатації складних систем. Вони також ефективні для фізичного та математичного моделювання процесів. Загалом універсальність засобів підходу, що розвивається, перспективна для виявлення та аналізу структури функціонування підсистем будь-якої природи системи «людина-техніка-середовище», узгодженість яких забезпечує її надійність і безпеку.

Література

1. Mygal, V. P., But, A. V., Mygal, G. V. & Klimenko, I. A., (2016), *An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning*. Nature Publishing Group: Scientific Reports: #6, Article number: 29512. DOI: 10.1038/srep29512
2. Mygal, V.P., But, A.V., Phomin, A.S. and Klimenko, I.A. (2015), *Geometrization of the dynamic structure of the transient photoresponse from zinc chalcogenides*, Semiconductors, # 49, p. 634–637.
3. Mygal V.P., Mygal G.V. *Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects*. Journal of nano- and electronic physics, 2019. Vol. 11, No 2, 02013, pp. 1-4. DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
4. Mygal, V. P., Mygal, G. V., Balabanova, L. M. *Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects*. Journal of Nano- and Electronic Physics 11, No. 2, Article number: 02013 (2019). DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
5. Мигаль В.П., Сілевич В.Ю., Мигаль Г.В. *Інтегральна діагностика функціонального стану елементів транспортних систем на основі візуалізації шумових сигналів*. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 31 (70) Ч. 2, № 3 2020. DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/18>
6. Mygal, G., Protasenko, O., Kobrina, N. (2024). *Vehicle Condition Diagnostics Using Parametric Noise Visualization*. In: Pavlikov, V., Krytskyi, D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2024. ICTM 2024*. Published June 2025. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham.

УДК 656.025.2

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФРАСТРУКТУРА ЯК ЗАПОРУКА БЕЗПЕЧНОГО РУХУ

SMART INFRASTRUCTURE AS A FOUNDATION FOR ROAD SAFETY

Тарас Федунь, Анастасія Сосновська

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

The article analyzes road safety issues in Ukraine and highlights the importance of intelligent infrastructure for effective traffic management. Based on foreign and domestic experience, the integration of smart technologies and automated control systems is proposed as a key solution to reduce accidents and improve road safety.

Безпека дорожнього руху – це комплекс та система правил, заходів і засобів, що забезпечують умови безпечного дорожнього руху, які спрямовані на захист і збереження життя і здоров'я активним та пасивним учасникам дорожнього руху, а також захист і збереження довкілля та майна.

Актуальність теми обумовлена зростаючою кількістю дорожньо-транспортних пригод та необхідністю підвищення рівня безпеки на дорогах. Національні ініціативи з безпеки дорожнього руху є важливою складовою державної політики, спрямованої на зниження аварійності та збереження людських життів. Ефективна імплементація цих заходів дозволяє суттєво поліпшити ситуацію на дорогах та сприяти сталому розвитку транспортної інфраструктури. Основною метою дослідження виявити проблеми а також визначити ключові напрями та механізми для підвищення рівня безпеки дорожнього руху. Стаття також досліджує питання впливу новітніх технологій та інформаційних систем на покращення безпеки, як-от використання GPS та автоматизованих систем збору даних про дорожні ситуації [1]. Висновки статті можуть підкреслити важливість комплексного підходу до підвищення безпеки на дорогах, що включає інтеграцію передових технологій. Результати дослідження можуть бути корисними для формування нових національних стратегій у сфері безпеки дорожнього руху та підвищення ефективності існуючих заходів.

Проблеми безпеки дорожнього руху є однією з центральних проблем як в Україні, так і в Європі. Однією з ключових проблем є недостатня якість дорожнього покриття, що призводить до підвищеної аварійності, особливо в зимовий період тому кількість аварій залежить не тільки від культури поведінки та їзди водіїв а одна з причин, яка загострює проблему, – погана інфраструктура українських доріг, тобто, відсутність розмітки, брак відбійників, недостатня якість покриття, нестача підземних переходів, несправні світлофори тощо [2]. Автодорожні служби України роблять усе можливе для поліпшення інфраструктури доріг. Проте треба враховувати, що на це виділяється обмаль коштів. Якщо дефект дорожнього покриття був виявлений вчасно, то його ліквідують в мінімальний термін. Особливо на критичних ділянках, де, наприклад, внаслідок спеки, можуть виникнути серйозні проблеми. Безпека на дорогах залишається нині поза увагою як чиновників, так і громадськості а досвід інших держав свідчить що навіть невеликі інвестиції можуть значно скоротити кількість нещасних випадків на дорогах. Уряди Малайзії, Коста-Ріки і Південної Африки розробили пілотні проекти з дорожньої безпеки. Вони засвідчили, що просте проектування доріг дозволило зберегти тисячі життів.

Також однією з проблем є необізнаність дітей та молоді. Значну роль у підвищенні безпеки дорожнього руху має відігравати громадськість через просвітницькі кампанії та освітні програми. Традиційно в закладах освіти мають проводитись тижні безпеки дорожнього руху, метою якого буде профілактика дорожньо-транспортного травматизму за участю дітей та усвідомлення необхідності вироблення навичок дотримання правил поведінки на дорозі. У різних регіонах України, таких як Волинь та Харківська область вже проводились такі заходи. Впродовж тижня молоді розповідали про різні аспекти безпеки на дорозі, а саме: дорожні знаки, правила поведінки пішоходів, користування громадським транспортом та персональним електротранспортом, деякі обов'язкові вимоги до дітей як учасників дорожнього руху, порядок дій у разі дорожньо-транспортної пригоди чи інших нещасних випадків у дорозі. Крім того, в навчальних закладах області проводили майстер-класи з надання домедичної допомоги постраждалим внаслідок ДТП. А під час єдиного національного уроку учні переглядали короткі повчальні відео і, на прикладі конкретних ситуацій, моделювали свою поведінку.

Щороку кількість дорожньо-транспортних пригод залишається високою. За даними МВС України загалом минулого року трапилася 25 781 аварія з потерпілими, 3 202 людини загинули, 32 023 особи травмовано. Це на 5%-9% (за різними показниками) більше у порівнянні з 2023 роком [3]. Найрозповсюдженіша причина ДТП з потерпілими і загиблими - це перевищення дозволеної швидкості руху. Цей показник складає майже 39,4%. Також поширеними причинами аварій були порушення правил маневрування, порушення правил проїзду перехрест'я і пішохідних переходів, а також керування у стані сп'яніння. В Європейському Союзі існують стандарти безпеки, що значно знизили рівень смертності на дорогах завдяки впровадженню суворих вимог до інфраструктури, контролю швидкісного режиму та кампаній, спрямованих на підвищення свідомості учасників дорожнього руху. Аналіз наукових джерел засвідчує, що в Україні активізовано наукові дослідження щодо підвищення безпеки дорожнього руху, з акцентом на адаптацію європейського досвіду та використання новітніх технологій. Аналіз цих та інших наукових джерел підтверджує, що для підвищення безпеки дорожнього руху в Україні необхідно враховувати європейські стандарти, вдосконалювати правове регулювання та використовувати сучасні технології.

Гіпотеза безпеки дорожнього руху несе в собі використання та встановлення по всій країні інтелектуальних камер та сенсорів, що в режимі реального часу аналізують швидкість, кількість транспорту, погодні умови й поведінку водіїв, а також автоматично повідомляють про небезпеки або порушення, таким чином можна знизити кількість ДТП на 30–40% протягом перших трьох років. Також для вирішення цієї проблеми можна використовувати розумні дорожні системи (Smart Road Systems) на основі штучного інтелекту та інтернету речей (IoT) для моніторингу та управління дорожнім рухом.

У середньому в Україні щодоби внаслідок ДТП гине 9 осіб, 90 осіб зазнають тілесних ушкоджень. Однією з основних причин дорожньо-транспортних пригод є перевищення максимально дозволеної швидкості руху транспортного засобу. Одним з можливих рішень є запуск системи автоматичної фіксації порушень Правил дорожнього руху. Попри всі перестороги, заперечення і несприйняття цієї системи з боку окремих політиків та представників громадськості, найбільш дієвим, ефективним та безальтернативним механізмом контролю за швидкісним режимом на дорогах держави буде запровадження системи автоматичної фіксації порушень Правил дорожнього руху [4]. Така система на сьогодні працює в більшості країн Європейського Союзу та розвинутих країн світу, причому їх досвід свідчить, що запровадження цієї системи радикально змінило ситуацію з безпеки на дорогах у кращий бік. Наприклад, у сусідній Польщі після запровадження системи автоматичної фіксації порушень правил дорожнього руху кількість ДТП по державі зменшилася на 30% [5]. Система фіксації

адміністративних правопорушень у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху в автоматичному режимі фіксує такі порушення Правил дорожнього руху, як перевищення встановлених обмежень швидкості руху транспортних засобів та порушення правил руху і зупинки на смузі для маршрутних транспортних засобів. Фіксація правопорушень здійснюється комплексами автоматичної фіксації – стаціонарні технічні засоби (прилади контролю), що дають змогу в автоматичному режимі здійснювати виявлення та фотозйомку або відеозапис подій, що містять ознаки адміністративних правопорушень у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху. В Україні вже діють проекти автоматичної фіксації порушень швидкісного режиму, які за перші півроку роботи у 2020 році знизили кількість ДТП на певних ділянках доріг на 17%.

Також зараз можна почути про інновації в оптимізації та автоматизації транспортних процесів та управління дорожнім рухом у Нідерландах використовуючи систему "Talking Traffic" – мережу інтелектуальних світлофорів і сенсорів, які "спілкуються" з автомобілями через мобільні додатки та GPS-навігатори. Вони попереджають водіїв про зміну світлофора, затори, аварії чи наближення швидкої допомоги. В результаті кількість аварій на перехрестях зменшилася на 20% за перший рік впровадження. "Talking Traffic" – це державна ініціатива Нідерландів, спрямована на створення цифрової інфраструктури, де транспортні засоби, дорожня інфраструктура і учасники руху обмінюються даними в реальному часі. Основні компоненти системи складаються із інтелектуальних світлофорів (iVRIs – intelligent Traffic Light Controllers): ці світлофори можуть адаптувати час сигналів залежно від кількості транспорту та пріоритету руху певних транспортних засобів (швидка допомога, пожежники, громадський транспорт). Мобільні додатки для водіїв, які отримують через інтернет повідомлення про ситуацію на дорозі: коли зміниться світлофор, де є аварія, чи є роботи на дорозі. Підключення автомобілів: деякі нові моделі авто вже вбудовано під'єднані до системи "Talking Traffic" – вони отримують і передають дані безпосередньо без участі водія. Централізовані дата-центри: збирають інформацію від світлофорів, сенсорів, автомобілів і користувачів для аналізу й оптимізації дорожнього руху. Результати впровадження: Час проїзду через великі перехрестя скоротився на 10-20%. Кількість аварій на регульованих перехрестях зменшилася на 20% протягом першого року. Рівень викидів CO₂ знизився через оптимізований рух транспорту.

Отож підвищення безпеки дорожнього руху в Україні вимагає не лише вдосконалення інфраструктури та підвищення культури водіння, а й впровадження сучасних технологій. Одним із пріоритетних напрямів має стати встановлення інтелектуальних світлофорів у містах і великих селищах, що адаптують сигнали відповідно до інтенсивності руху та надають пріоритет екстреним службам. Також доцільним є облаштування інтелектуальних перехресть у містах-мільйонниках, здатних автоматично реагувати на зміну трафіку в режимі реального часу. Необхідно створити мережу сенсорів уздовж основних трас державного значення для моніторингу швидкості, погодних умов та стану дорожнього покриття, а також встановити камери швидкісного контролю для зниження кількості порушень. Вся зібрана інформація має інтегруватися у популярні в Україні цифрові сервіси, зокрема, «Дію» або спеціалізовані застосунки для водіїв – для оперативного інформування учасників дорожнього руху. Поєднання таких рішень з автоматизованими системами фіксації порушень та інформаційно-просвітницькими кампаніями дозволить досягти реального зниження рівня ДТП і сформувати сучасну, безпечну дорожню екосистему.

Література

1. Козут В.М., Національні ініціативи щодо безпеки дорожнього руху та їх імплементація. Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство», 2024. Випуск 06, С.579-583.

2. Колодяжний М.Г. Вплив дорожньої інфраструктури на стан безпеки дорожнього руху. *Вісник кримінологічної асоціації України*, 2023. Випуск 29(2), С.96-106.
3. Статистика ДТП: підсумки 2024-го року від МВС. URL: <https://mvs.gov.ua/news/u-mvs-ozvucili-statistiku-dtp-za-2024-rik>
4. Запуск системи автоматичної фіксації порушень Правил дорожнього руху. URL: <https://mvs.gov.ua/avtofotovideofiksaciia-porusen-pdr/zapusk-sistemi-avtomatichnoi-fiksaciyi-porusen-pravil-doroznyogo-ruhu>
5. Авто-бездоріжжя. Неякісні дороги впливають на кількість ДТП URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/2224093.html>

УДК 656.13

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ДОРОЖНІХ ПАГОРБІВ НА РОБОТУ НЕРЕГУЛЬОВАНОГО ПЕРЕХРЕСТЯ

MODELING THE INFLUENCE OF ROAD HILL PARAMETERS ON THE OPERATION OF AN UNCONTROLLED INTERSECTION

Марина Бугайова, Ольга Холодова, Дар'я Міщенко

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

The paper presents a study of the influence of the parameters of road hills located in front of an unregulated intersection on the efficiency of its operation.

Дорожні пагорби (ДП), або “лежачі поліцейські” (ЛП), є ефективним засобом примусового зниження швидкості транспортних засобів (ТЗ) та підвищення безпеки дорожнього руху, особливо в зонах з інтенсивним пішохідним рухом. Однак, їхні параметри мають значний вплив на ефективність руху транспортного потоку (ТП). Неправильно спроектовані або встановлені ДП можуть призводити до заторів, збільшення часу в дорозі, підвищення витрати пального та рівня шкідливих викидів.

ДП – це закруглені підняті ділянки дорожнього покриття з параболічним, круглим та синусоїдальним поперечним перерізом. Вони є найпоширенішим типом пристроїв для заспокоєння руху завдяки низькій вартості та простоті встановлення. Найпоширенішою конструкцією ДП є профіль Ватса або круглий ЛП. Більшість ТЗ можуть безпечно перетинати їх зі швидкістю 25–30 км/год. ЛП розроблені для створення “гойдалки”, яка збільшує дискомфорт водія зі збільшенням швидкості переходу [1].

В роботі [2] авторами пояснюється зниження швидкості руху на 1 км/год кожним сантиметром збільшення висоти ДП. Прикладами попередніх досліджень, які вивчали вплив ДП різних характеристик на зниження швидкості ТЗ, є роботи [3,4], в яких вивчається вплив ДП різної висоти (3, 5 та 7 см) на зниження швидкості ТЗ. Були проведені вимірювання швидкості через 1 день та 1 місяць після встановлення та до встановлення ЛП. Порівняння між різними вимірюваннями швидкості проводилося за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) та post hoc аналізу. Результати показали, що в місцях встановлення ДП спостерігалось значне зниження швидкості порівняно з періодом до їх встановлення.

В роботі [5] розроблено модель для оцінки впливу характеристик ДП на час затримки в Йорданії. Модель показала, що ДП спричиняють значні затримки в місцях їх розташування.

В роботі [6] також предстало практичне дослідження для збору та аналізу даних про час подорожі на основі GPS з метою оцінки впливу ДП на час подорожі та затримки на міжміських дорогах в Єгипті. Результати довели, що на величину затримки подорожі в різний час доби значною мірою впливає наявність ДП.

Кілька досліджень досліджували вплив ДП на обсяг транспорту та рівень шуму. Результати підтвердили шкідливий вплив ДП. В роботі [7] авторами досліджено вплив ДП на обсяг транспорту та рівень шуму в житловому районі Куала-Лумпуру. Для вимірювання даних про обсяг транспорту та рівень шуму були проведені польові дослідження на трьох вибраних дорогах. Перше вимірювання рівня шуму на дорозі показало найвищий обсяг транспорту та найвищий рівень шуму. Кореляційний аналіз показав подібну закономірність у взаємозв'язку між обсягом транспорту та рівнем шуму.

Авторами роботи [8], спираючись на положення ДСТУ 4123:2020 Безпека дорожнього руху “Засоби заспокоєння руху”, запропоновано провести серію симуляційних експериментів у програмі PTV Vissim. Метою цих експериментів є дослідження того, як зміна ключових параметрів ДП, розташованого перед нерегульованим перехрестям (на підходах до нього), впливатиме на різні аспекти його роботи.

Параметрами ДП, які можна змінювати у Vissim є:

- висота, яка впливає на ступінь зниження швидкості ТЗ (змінюється від 0,07 – 0,1 м). У реальності стандартні висоти ДП в Україні зазвичай не перевищують 7 см. Діапазон 3-10 см дозволить дослідити ширший спектр впливу;
- довжина, яка впливає на плавність гальмування та розгону, а також на протяжність зони впливу (змінюється від 1 м до 3 м);
- форма поперечного профілю, яка хоча PTV Vissim і не моделює точну форму ДП, може опосередковано впливати на поведінку через зони зниженої швидкості різної протяжності (зона зниження швидкості змінюється від 1 м до 5 м);
- відстань від стоп-лінії перехрестя, яка визначає, на якій відстані ТЗ почнуть реагувати на ДП перед зупинкою (приймається 10 – 50 м). Цей параметр є важливим для оцінки впливу пагорба на черги та процес зупинки перед перехрестям.

На рисунку 1 наведено процес моделювання ДП в програмі Vissim.

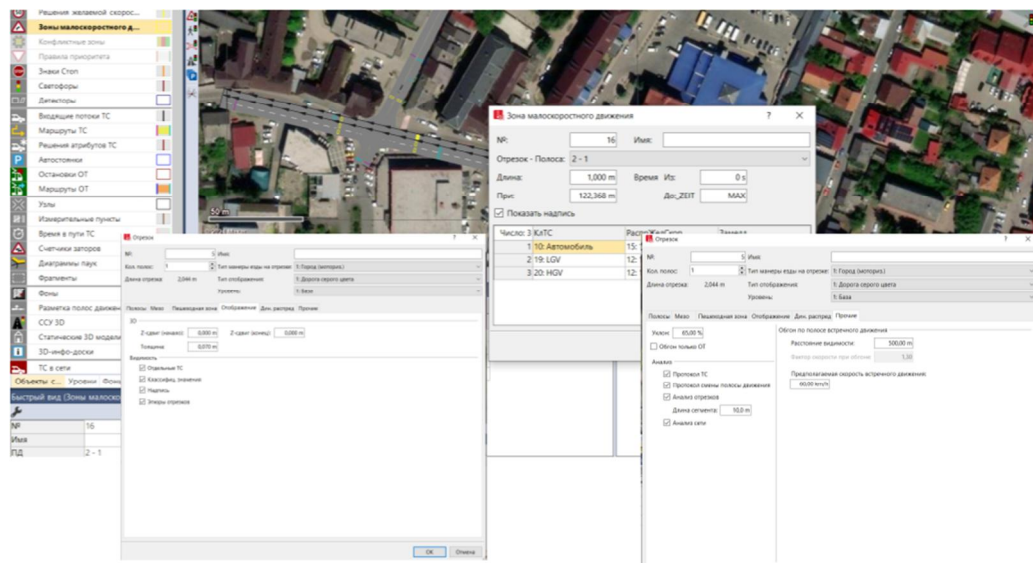


Рис. 1. Процес моделювання ДП в програмі PTV Vissim

В процесі моделювання приймаємо наступні умови:
відстань від стоп-ліній приймаємо 5 м, 10 м та 15 м;

зону зниження швидкості приймаємо 3 м;
висоту ДП змінюємо 0,03 м, 0,07 м та 0,1 м;
довжину ДП змінюємо 1 м, 2 м та 3 м.
Рисунок 2 демонструє фрагмент імітації руху ТП на нерегульованому перехресті.

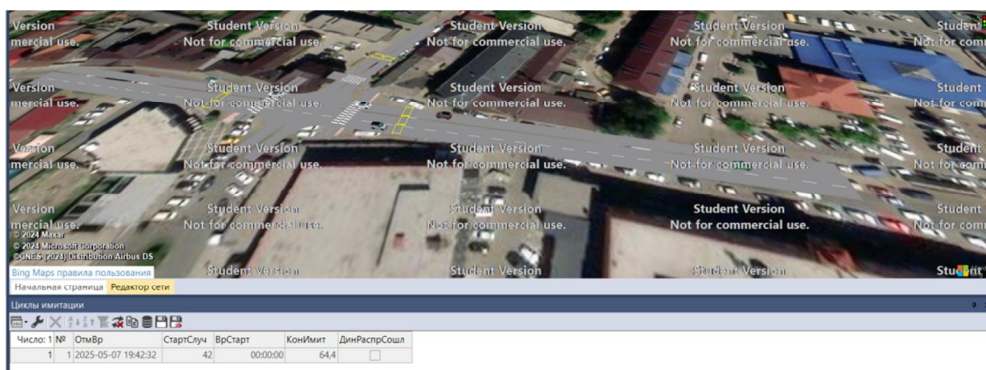


Рис.2. Імітація руху ТП при моделюванні з використанням ДП в програмі PTV Vissim

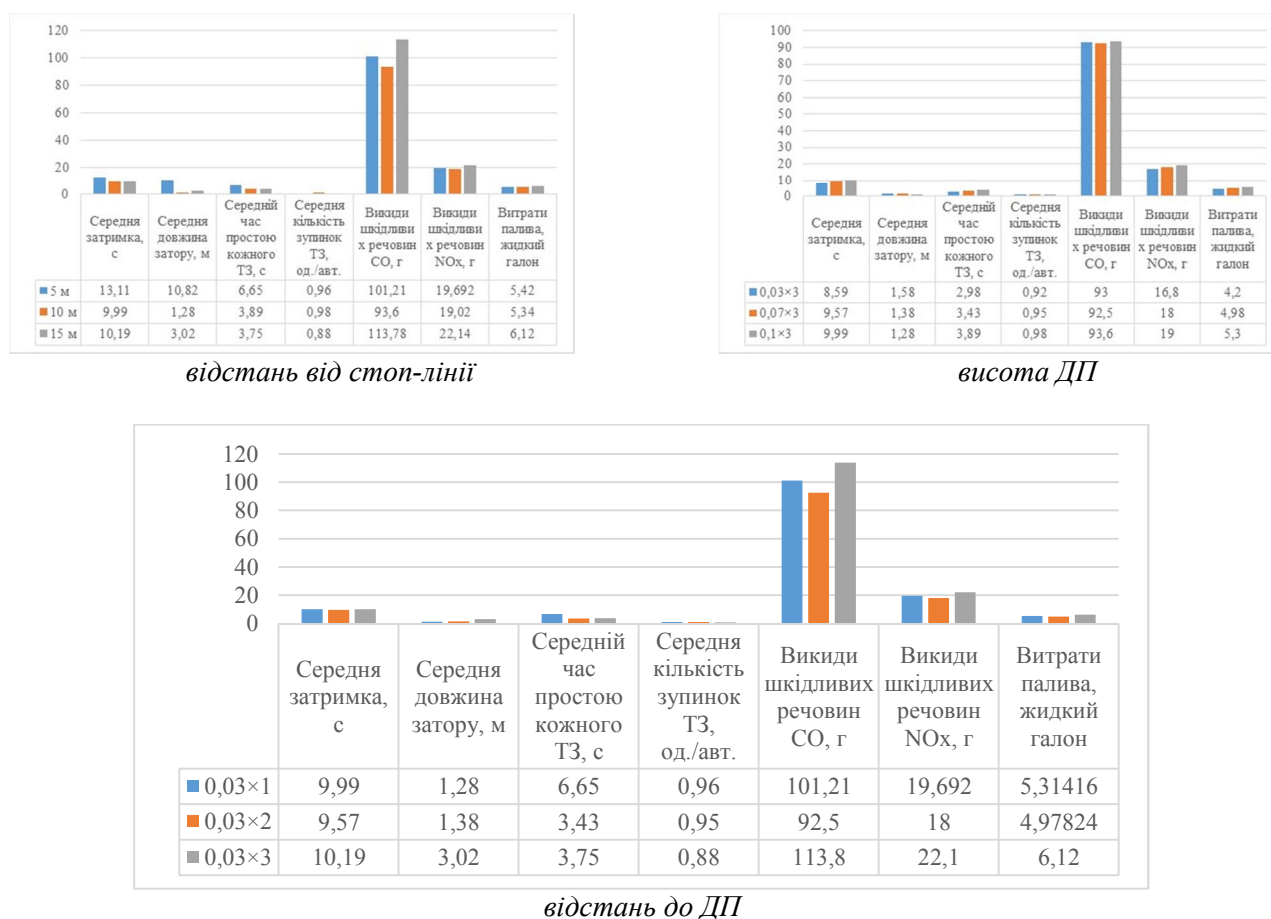


Рис. 3. Результати моделювання в програмі PTV Vissim

Аналіз результатів моделювання показав, що оптимальна ефективність функціонування нерегульованого перехрестя досягається при наступних параметрах ДП: відстань від стоп-лінії – 10 м, висота – 0,03 м, довжина – 2 м. Саме ці значення забезпечують найкращі показники серед усіх розглянутих сценаріїв. Застосування такого підходу є надзвичайно цінним, оскільки дозволяє наочно та кількісно оцінити вплив ДП на ТП в умовах моделювання. Це особливо важливо для проектувальників і міських інженерів, оскільки дає змогу обґрунтовано приймати рішення щодо геометричних параметрів елементів заспокоєння руху; підвищити

безпеку дорожнього руху без істотного зниження пропускної здатності; ефективно адаптувати рішення до специфічних умов конкретних нерегульованих перехресть у містах та населених пунктах. Отримані результати можуть бути використані в транспортному плануванні, проектуванні міських вулиць, розробці схем організації дорожнього руху та при оцінці ефективності заходів з уповільнення трафіку.

Література

1. H. Faheem *Suitability of existing traffic calming measures for use on some highways in Egypt 9th International Conference on Civil and Architecture Engineering (ICCAE-9), Cairo, 2012 (2012)*
2. U. Engel, L.K. Thomsen *Safety effects of speed reducing measures in Danish residential areas Accident Analysis & Prevention, 24 (1) (1992), pp. 17-28*
3. B. Antic, D. Pešić, M. Vujanic, et al. *The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed–Belgrade experience Safety Science, 57 (2013), pp. 303-312*
4. H. Mahdy *Speed calming using vertical deflections in road alignment 12th International Conference on Transportation Professionals, Beijing, 2012 (2012)*
5. Al-Omari, G.R. Al-Massaeid *Effect of speed humps on traffic delay in Jordan Road and Transport Research, 11 (4) (2002), pp. 49-55*
6. I.H. Hashim, R.M. Hassouna, F.F. Asal *Using GPS to assess the impact of speed humps on traffic delay in Egypt Civil Engineering Research Magazine (CERM), 34 (1) (2012), pp. 230-239*
7. N. Rosli, A. Kadar Hamsa *Evaluating the effects of road hump on traffic volume and noise level at Taman Keramat residential area, Kuala Lumpur Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 10 (2013), pp. 1171-1188*
8. ДСТУ 4123:2020. *Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2020-08-06]. ДП «УкрНДНЦ», 2020. 43 с.*

УДК 656.1

ДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА РІВЕНЬ БЕЗПЕКИ РУХУ

ON THE ISSUE OF THE INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE LEVEL OF TRAFFIC SAFETY

Валентин Осипов, Володимир Хоменко

*Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка
03189, Київ, вул. Юлії Здановської, 81*

The paper studied the actual problem of the impact of the Environment subsystem of the ergonomic Driver-Car-Road-Environment system on the level of accidents on public highways, streets and roads of populated areas. Factors that have not been taken into account so far have been identified as having a direct impact on the operation of the subsystem, namely the impact of morning and evening navigational twilight during peak times on the probability of getting into an accident.

В системі Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище (В-А-Д-С) сучасними дослідниками вивчено практично всі аспекти функціонування підсистем та основні закономірності їх взаємодії. На погляд авторів, найбільш нерозкритою темою залишається вивчення впливу навколишнього середовища на рівень аварійності на автомобільних дорогах загального

користування, вулицях та дорогах населених пунктів. Вказаній проблемі присвячено низку робіт вітчизняних авторів (дослідження іноземних джерел у цьому питанні практично втрачає сенс через низьку тотожність дорожньо-кліматичних умов), дослідження в основному мають аналітичний характер, мета яких надати аргументований базис для експертів-проектувальників доріг [1-4], до того ж вже на сьогодні стає питання географічного уточнення деяких дорожньо-кліматичних зон території країни [5-9].

Задача цього дослідження – розробити метод оцінки рівня безпеки руху по регіонах України саме за ознаками впливу фактору навколишнього середовища з подальшою побудовою рейтингу територій за рівнем небезпеки спираючись на цей критерій. Отримані у роботі результати дають більш глибоке розуміння важливості фактору навколишнього середовища в парадигмі безпеки руху.

Відомо, що кліматичні фактори мають вплив на режим поверхневих вод та їх кількість, також на висоту підняття стовбуру підземних вод капілярним способом, вид та рівень інтенсивності опадів, тепловий та водний режим земляного полотна, часовий інтервал дорожньо-будівельного сезону та рівень безпеки руху. Не до кінця досліджений вплив кліматичного фактору на рівень безпеки управління транспортним засобом водієм та особливості експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Основною задачею моніторингу кліматичної ситуації є знаходження адекватних рівню загрози інструментів впливу на ситуацію для мінімізації їх наслідків. Такий моніторинг проводиться у спосіб «від малого до великого», тобто від оцінювання кліматичних закономірностей невеликих географічних локацій до будь-якої крупної території в цілому. Вплив кліматичних умов як основної частини підсистеми «Середовище» має неоднорідний характер, ступінь впливу визначається за певними характеристиками, які водій відчуває в першу чергу – дальність видимості, коефіцієнт зчеплення, температура повітря тощо. Існують певні процеси, результати яких водій не відчуває на умовах руху миттєво, проте вони також впливають на безпеку руху [10].

В ході дослідження виявлено кореляційну залежність дорожньо-кліматичних умов від рівня аварійності спираючись на статистичні та довідкові дані. Було використано кореляційний аналіз Пірсона – коваріацію двох змінних, поділену на добуток їхніх стандартних відхилень, з метою виявлення аварійно небезпечних погодних факторів. Отримані коефіцієнти кореляції говорять про те, що середньостатистична кількість ДТП в Україні в більшому ступеню залежить від тривалості дня та факторів, які пов'язані із опадами (середня їх кількість, число днів та висота снігового покриву); від інших факторів в меншому ступеню. З метою отримання апріорних даних, які можна у подальшому використовувати при прогнозуванні аварійності за регіонами запропонована авторська розробка – градація регіонів за ознаками їх постійної небезпечності з точки зору безпеки руху спираючись на фактори, які пов'язані із опадами та тривалістю дня (враховуючи фактор сутінок у ранкові та вечірні часи пік). Показники ступеню небезпеки ділянок доріг приведено до 100-балової шкали із визначенням чотирьох основних ступенів небезпеки, що дає змогу більш чіткіше формалізувати явища з подальшим підключенням результатів до загального визначення рівня небезпеки за критерієм впливу підсистеми «Середовище» в системі В-А-Д-С. Отримані результати безсумнівно підвищують точність прогнозування вірогідності скоєння ДТП завдяки збільшенню параметрів без будь-якої диференціації, також з'являється можливість запропонувати метод, який буде враховувати фактор сутінок в години пік, як коефіцієнт впливу на загальний результат.

Встановлення залежності впливу ранкових та вечірніх сутінок в години пік на рівень аварійності дають безсумнівну змогу підвищити точність прогнозування вірогідності скоєння ДТП, особливо на автомобільних дорогах загального користування (позаміських), де

проблема штучного освітлення ще стоїть дуже гостро. Навіть у населених пунктах питання своєчасного включення штучного освітлення не відрегульовано чинним стандартом, в нормативі йдеться тільки про рівні освітлення в залежності від інтенсивності руху та типу дорожнього об'єкту. Прогнозування у свою чергу дозволяє проводити більш ефективніше превентивні заходи з мінімізації аварійності. Навіть наявність у водіїв інформації про години та дати найбільшої небезпеки в їх регіоні з точки зору сутінок має потенціал щодо зменшення рівня аварійності через готовність водія до цього фактору впливу підсистеми «Середовище».

Література

1. Бондар Т. В. Аналіз та результати заходів із забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні за період з 2011 по 2020 роки / Т. В. Бондар, О. В. Беленчук, О. Г. Пина, Є. В. Міненко // Збірник наукових праць «Дороги і мости», № 24. Київ, 2021. С. 134-148. URL : <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.134> (дата звернення 07.11.2024).
2. Петрашенко О. П. Аналіз сезонних змін аварійності на автомобільних дорогах державного значення та їх вплив на статистику ДТП / О. П. Петрашенко, Р. В. Єфименко, Є. В. Міненко // Збірник наукових праць «Дороги і мости», № 24. Київ, 2021. С. 169-176. URL : <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2021.24.169>. (дата звернення 08.09.2022).
3. Гамеляк І. П. Про дорожньо-кліматичні умови України // І. П. Гамеляк, Д. В. Волощук // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». К. : 2020. С. 121-126.
4. Гамеляк І. П. Аналіз впливу метеорологічних факторів на роботоздатність конструкції дорожнього одягу // Гамеляк І. П., Якименко Я. М. / Автомоб. дороги і дор. буд-во. 2008. Вип. 75. С. 336-340.
5. Клімат України. За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К. : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Бабіченко В. М., Ніколаєва Н. В., Гущина Л. М. Зміни температури повітря на території України наприкінці XX та на початку XXI століття. Укр. геогр. журн. 2007. № 4. С. 3-12.
7. Бабіченко В. М., Ніколаєва Н. В., Рудішина С.Ф., Гущина Л. М. Настання весняного сезону в Україні (перехід середньої добової температури повітря через 0°C) в умовах сучасного клімату. Укр. геогр. журн. 2009. № 1. С. 25-35.
8. Батракова А. Г. Методологія моніторингу дорожнього одягу нежорсткого типу із застосуванням георадіолокаційних технологій: дис... доктора техн. наук: 05.22.11 / Анжеліка Геннадіївна Батракова. Х., 2014. 397 с.
9. Архіви погоди на метеостанціях України. ТОВ «Розклад погоди», Ліцензія Р/2013/2331/100/Л. URL: <http://rp5.ua>. (дата звернення 13.05.2018).
10. Melnichenko O. Scoring method of evaluating road safety as part of management system / O. Melnichenko, V. Osypov // *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej, Częstochowa (PNAP)*, 2023, 61 (2023) nr 6. P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.23856/6124>

УДК 656.13

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВИКОНАННЯ МАНЕВРІВ НА НЕРЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХРЕСТІ

ANALYSIS OF THE POTENTIAL DANGER OF PERFORMING MANEUVERS AT AN UNREGULATED INTERSECTION

Роман Бойків, Мирослав Євчук

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

The article investigates the problem of vehicles leaving a secondary road for a main road, in particular, analyzes the peculiarities of performing left and right turn maneuvers, which significantly increase the level of accident danger at unregulated intersections for all road users.

Зі стрімким зростанням інтенсивності автомобільного руху актуальність проблеми забезпечення безпеки дорожнього руху значно зростає. Перехрестя, як ділянки з високою концентрацією транспортних потоків, становлять підвищену небезпеку на автомобільних шляхах. Особливої уваги потребує організація руху на нерегульованих перехрестях, оскільки саме тут найчастіше виникають конфліктні ситуації між транспортними засобами. На регульованих перехрестях упорядкування транспортних потоків здійснюється за допомогою світлофорної сигналізації, що значно знижує ймовірність дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Натомість на нерегульованих перехрестях рівень конфліктності між учасниками руху залишається високим, особливо під час виконання поворотів праворуч і ліворуч, які є найбільш небезпечними маневрами [1]. Частота ДТП на таких ділянках суттєво зростає за значної частки вантажного транспорту в загальному потоці.

Маневри на перехресті вважаються небезпечними через низку причин, що пов'язані з підвищеною складністю виконання, обмеженою видимістю та перетином траєкторій руху всіх учасників дорожнього руху з різними параметрами транспортного потоку [2].

Для проведення дослідження обрано нерегульоване перехрестя міжнародної автомобільної дороги М-06 з дорогою національного значення Н-17, яке характеризується високою інтенсивністю руху, значною часткою вантажного транспорту, зокрема транспортних засобів з вантажністю понад 6 тон. Схема руху транспортних потоків і дозволені маневри по кожному з підходів нерегульованого перехрестя наведено на рис.1. Така схема руху транспортних потоків візуально показує наскільки перехрестя є складне для роз'їзду транспортних засобів в різних напрямках, особливо це стосується транспортних засобів які здійснюють маневр лівого повороту з другорядної дороги.

Підвищений рівень аварійності на цьому нерегульованому перехресті доріг зумовлений здійсненням лівого повороту, які перетинають головний потік, який рухається двома смугами руху в одному напрямку. Такий маневр супроводжується високим рівнем конфліктності через інтенсивність потоку головного напрямку та тривалій часовій можливості для безпечного виконання повороту. Водночас, транспортні засоби, що здійснюють правий поворот, вливаються в головний потік, що також створює додаткову небезпеку для транспортних засобів, які рухаються головною дорогою.

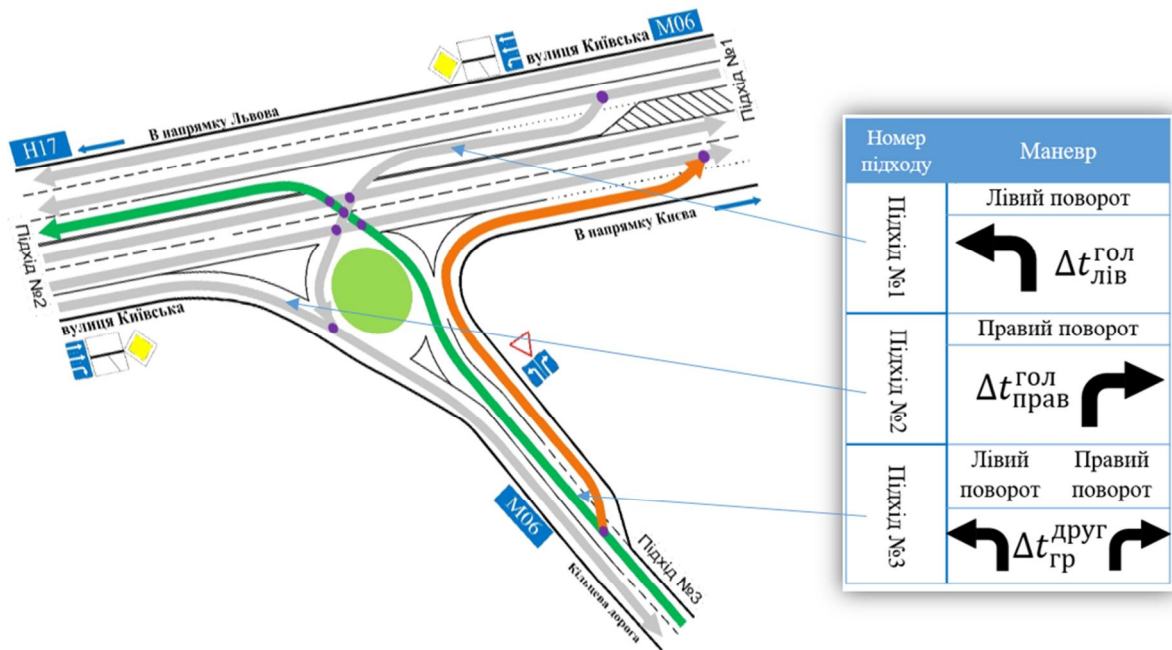


Рис.1 Існуючі маневри транспортних засобів, які потенційно створюють потенційну небезпеку на нерегульованому перехресті

Час очікування для виконання лівого повороту з другорядної дороги на нерегульованому перехресті визначається як інтервал, протягом якого водій, маючи намір здійснити маневр, змушений чекати на безпечний часовий проміжок у головному транспортному потоці, що дозволяє здійснити маневр без порушення правил дорожнього руху та без створення загрози іншим учасникам дорожнього руху. Тому на нерегульованому перехресті проведено дослідження граничного інтервалу на другорядній дорозі, яке графічно наведено на рис. 2.

Зміна граничного інтервалу на головній дорозі ілюструє, яким чином коливання інтенсивності транспортного потоку на головному напрямку, впливає на тривалість очікування водіями для здійснення маневру повороту ліворуч і праворуч з другорядної дороги.

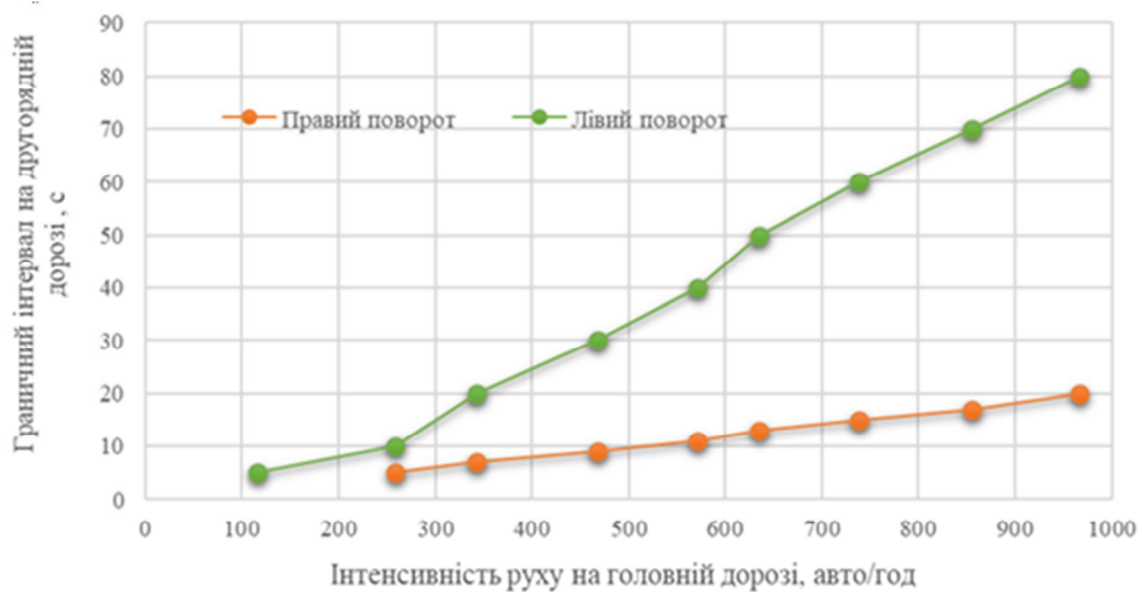


Рис.2. Зміна граничного інтервалу на другорядній дорозі залежно від коливання інтенсивності руху на головній дорозі нерегульованого перехрестя

За незначної інтенсивності руху на головній дорозі до 600 авто/год на нерегульованому перехресті, час очікування здійснення маневру повороту з другорядної дороги ліворуч

складає 40с, а очікування маневру правого повороту зі злиттям в головний потік орієнтовно 15с. Враховуючи те, що частка вантажних автомобілів на головній дорозі є досить значною, то за інтенсивності руху на головній дорозі понад 600 авт./год, здійснити маневр з друго-рядної дороги є доволі складно, так як в головному потоці між прямоїдучими транспортними засобами немає значних часових розривів.

Наведена залежність (рис.2) вказує на формування значних часових інтервалів для транспортних засобів які намагаються здійснити маневр з другорядної дороги ліворуч чи праворуч. Окрім цього, за результатами натурних досліджень, стає очевидним, що на тривалість граничного інтервалу на другорядній дорозі у значній мірі впливає інтенсивність транспортного потоку на головному напрямку перехрестя. Так, із зростанням інтенсивності руху понад 700 авт./год., збільшується ймовірність утворення черг та збільшення граничного інтервалу на виїзд транспортних засобів з другорядної дороги.

Аналіз граничного інтервалу вказує, що для лівоповоротного маневру, тривалість його понад 45-50с, суттєво підвищує потенційну небезпеку нерегульованого перехрестя. Подальші дослідження граничних часових інтервалів на другорядній дорозі нерегульованих перехресть в умовах насиченого руху, дозволить оцінити критичний розрив у русі на головній дорозі, який є достатній для безпечного маневру з другорядної дороги.

Зростання тривалості очікування виконання маневру свідчить про підвищення рівня ризику з боку водіїв, які не дочекавшись безпечного граничного інтервалу у головному потоці, можуть здійснити зіткнення з транспортними засобами, що рухаються головною дорогою. Така поведінка сприяє формуванню потенційно небезпечних ситуацій під час виконання поворотних маневрів та підвищує ймовірність виникнення аварійних ситуацій та дорожньо-транспортних подій на нерегульованих перехрестях. Отже, аналіз граничного часового інтервалу є важливим інструментом для оцінки безпеки нерегульованих перехресть і прийняття обґрунтованих рішень щодо організації дорожнього руху.

Література

1. Hrytsun O. *Determination of transport delay before the traffic light on two-lane streets with tram movement* / O. Hrytsun, Yu. Royko // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. – Луцьк, 2018. – С. 18 – 23.
2. Бойків М.В., Жеребецький Н.В. *Дослідження умов руху на перехресті з інтенсивним транспортним потоком на головному напрямку* // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2024 р. Том 35 (74) № 6, С. 251-258. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.6.2/35>

УДК 656.11

АДАПТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЗІ СМУГОЮ РУХУ МАРШРУТНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

ADAPTABILITY OF TRAFFIC FLOWS WITH THE TRAFFIC LANE OF ROUTED VEHICLES

Сергій Чуйко¹, Олександр Кравченко^{2,3}, Олександр Чуйко⁴

¹Державний університет «Житомирська політехніка»,
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005

²Жилінський університет в Жиліні,
вул. Університетська, 8215/1, м. Жиліна, 010 26, Словаччина

³Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021

⁴Поліський національний університет,
бульвар Старий, 7, Житомир, 10008

It is proposed to adapt the traffic flow on the city street and road network, where a dedicated lane for route vehicles has been introduced, for the movement of other vehicles in the "interpeak" interval under certain organizational conditions.

Стрімке збільшення кількості транспортних засобів та підвищення ділової активності населення призвело до перевантаженості міських доріг, тривалим заторам, утруднення руху пішоходів, збільшенню кількості дорожньо-транспортних пригод. Як наслідок, в теперішній час має місце проблема в належному управлінні транспортними потоками.

В більшості міст України наземний громадський транспорт є основним пріоритетним видом пересування. Усунення заторів, які є однією з найсерйозніших транспортних проблем у великих містах, може бути досягнуто шляхом підвищення ефективності рішень міської мобільності. Заохочення населення до використання громадського транспорту, велосипедних та пішохідних доріжок, як частина впровадження планів сталого руху в містах, може допомогти вирішити проблему. При цьому, підвищення надійності та ефективності громадського транспорту є одним із рішень цієї проблеми. Відповідно пріоритетом є забезпечення швидкого безпечного та комфортного пересування громадським транспортом, щоб пасажир міг спрогнозувати час на переміщення з одного місця в інше [1, 2].

Рух автобусів у загальному транспортному потоці в містах призводить до збільшення втрат часу для пасажирів у години «пік» та порушення схем руху інших наземних видів маршрутних транспортних засобів. Проблема можна вирішити шляхом створення виділених автобусних смуг. Впровадження виділених смуг для пріоритетного використання громадського транспорту може бути варіантом скорочення часу переміщення пасажирів за певними маршрутами. Тому справедливо, що для маршрутних транспортних засобів передбачено окремі пріоритети в русі, які затверджені законодавчо.

Однак дослідження [3, 4] показують, що в багатьох випадках створення автобусних смуг може призвести до збільшення затримок для інших транспортних засобів та створити додаткові проблеми із заторами. Результати цих досліджень підкреслюють нюансовану роль автобусних смуг в екосистемах міського транспорту та підкреслюють необхідність

цілеспрямованих стратегій управління дорожнім рухом, які враховують як макро-, так і мікроміську динаміку.

В роботі [5] підтверджено що впровадження виділеної автобусної смуги скорочує час руху громадського транспорту на 37,6%, одночасно збільшуючи час переміщення для інших транспортних засобів на маршруті слідування.

Цей фактор особливо відчутний на центральних вулицях міста з двох рядним рухом, де присутня маршрутна мережа громадського наземного транспорту, яка регулюється розміткою 1.27 та дорожнім знаком 5.11 Правил дорожнього руху.

Автобусні смуги можуть використовуватися виключно автобусами в різний час доби або спільно з іншими видами транспорту для поворотів праворуч та ліворуч за певних умов. У практиці планування міського транспорту також є досвід спільного використання автобусних смуг з іншими видами транспорту, що обслуговують пасажирів, а також велосипедами. Створення виділених смуг для громадського транспорту може виявитися більш ефективним, оскільки збільшується кількість мешканців міста, які переходять з приватних автомобілів на громадський транспорт (загального користування).

Але громадський транспорт не може окремо функціонувати без присутності інших транспортних засобів і тому в управлінні дорожнім рухом для покращення здатності транспортної мережі потрібна гнучкість транспортної системи для задоволення потреб усіх учасників руху.

Як відомо, основними параметрами транспортного потоку є швидкість руху, щільність руху та інтенсивність потоку, які є взаємозалежними. При окремих ситуаціях створений дорожній пріоритет громадського маршрутного транспорту впливає на обмеженість дорожніх ресурсів іншими транспортними засобами, яка приводить до завантаженості дорожньої мережі у відповідні періоди доби.

Законодавчими актами саме так передбачено і така вимога діє незалежно від насичення маршрутних транспортних засобів, які у ці години зменшують інтервал руху через зменшення пасажиропотоку і відповідних коригувань графіків руху. Таке обмеження дорожнього ресурсу стає невиправданим і потребує перегляду на вулицях, де наявні дві полоси руху в одному напрямку, одна з яких пріоритетна для громадського транспорту.

На прикладі м. Житомир проведеними дослідженнями встановлено, що на вулиці Театральній найбільше насичення транспорту у вранішні і вечірні години на обох напрямках. Разом з тим, у період з 11 до 16:30 год затори утворюються через заборону використовувати смугу руху для громадського транспорту.

У інших містах України організовують пріоритетну смугу руху для громадського транспорту зазвичай при наявності трьох смуг руху в одному напрямку. При цьому зазначено, що при наявності трьох смуг для транспорту індивідуального, та однієї для транспорту громадського, остання буде використовуватися втричі ефективніше з точки зору «провізної здатності» [6].

На рис. 1 представлені усереднені результати дослідження кількості проїзду маршрутних транспортних засобів у одному напрямку по вул. Театральній м. Житомир, де організована пріоритетна смуга руху для громадського транспорту.

Як видно з рис. 1 активність руху громадського транспорту зменшується, починаючи з 11 год і триває майже до 17 год. На нашу думку, у години зменшення пасажирської активності та «міжпіковий» інтервал доцільно було б дозволити, за певних організаційних умов, рух усіх транспортних засобів на смузі громадського транспорту. Винятком може бути додаткова наявність велосипедної доріжки. Певні обмеження і запропоновані режими руху

призведуть до збільшення пропускної здатності транспортних засобів на вулицях з присутністю пріоритетної смуги руху громадського маршрутного транспорту. Такий підхід дозволяє адаптувати маршрути та розклади до реальних потреб пасажирів, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та мінімізацію затримок.

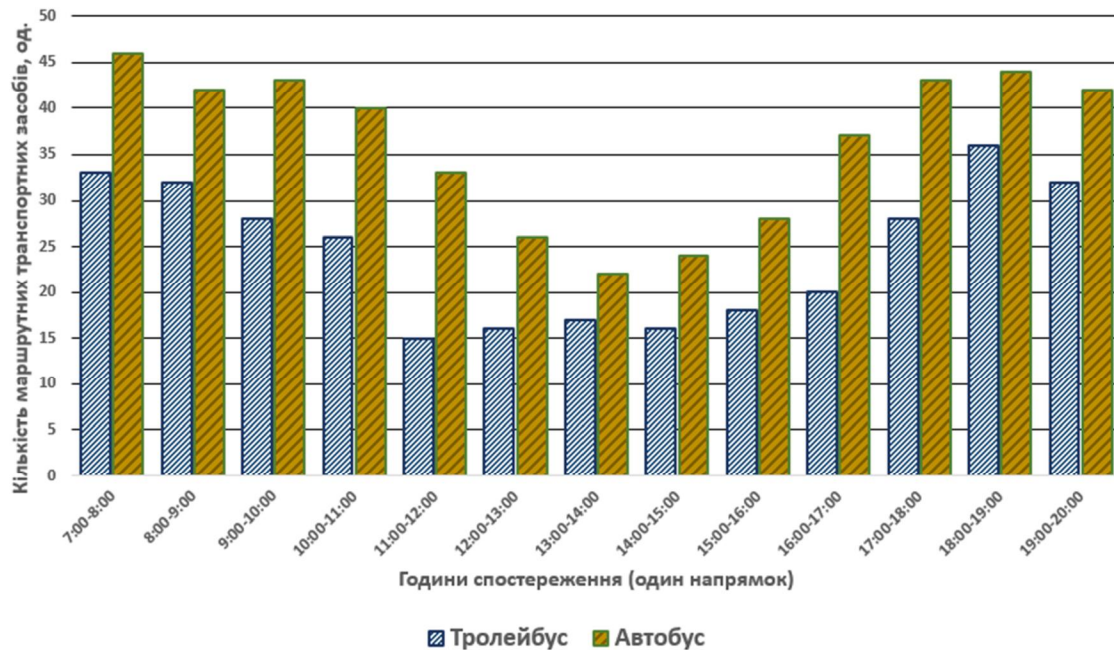


Рис. 1. Частота проїзду маршрутних транспортних засобів в одному напрямку

Адаптивність транспортної системи охоплює здатність транспортної мережі протистояти, поглинати, адаптуватися та відновлюватися в умовах завантаженості мережі. Стійкість вказує на здатність транспортної системи підтримувати нормальну роботу, незважаючи на певний рівень збоїв. Чим більш стійкою є транспортна система, тим краща здатність протистояти впливу невизначених подій на транспортну систему, і тим стабільніше може бути забезпечена робота транспортної системи.

Література

1. План сталої мобільності м. Житомир. [Режим доступу : <https://surl.li/axjuen/>].
2. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] – Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. – 612 с. – ISBN 978-966-683-587-4
3. Abdelfatah A., Abdulwahid A.R. Impact of Exclusive Bus Lanes on Traffic Performance in Urban Areas. Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17) Barcelona, Spain, April 2-4, 2017.
4. Khakimov B., Tanaka Sh., Evaluation of the impact of exclusive bus lanes on traffic in Tashkent. Asian Transport Studies, 2024, Volume 10.
5. В Україні розширили список транспорту, якому дозволено їхати автобусною смугою: кого штрафуватимуть [Режим доступу : <https://surl.li/whslef/>].

УДК 629.113

ПОПЕРЕЧНА СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛІВ, ЯК СКЛАДОВА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

LATERAL STABILITY OF VEHICLES AS A COMPONENT OF ROAD TRAFFIC SAFETY

Ірина Бачинська, Віктор Шевчук

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

The study was conducted to determine the parameters of vehicle lateral stability under special driving conditions, specifically the critical skidding speed and critical rollover speed, for a given turning radius, taking into account the cross slope of the roadway and the lateral displacement of the center of gravity for different types of road surfaces.

Питання стійкості руху автомобілів по криволінійних ділянках доріг з урахуванням підвищених швидкостей, погодних умов є актуальним, оскільки змінна динаміки автомобіля по криволінійних трасах призводить до зміни параметрів стійкості автомобіля, що впливає на безпеку дорожнього руху [2, 4].

З огляду на це, визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів під час руху в особливих умовах, а саме критичної швидкості заносу V_z (км/год.) та критичної швидкості перекидання $V_{пер}$ (км/год.), для заданого радіусу повороту з урахуванням поперечного нахилу полотна дороги та зміщення поперечної координати центра тяжіння за різного типу дорожнього покриття є актуальним та важливим завданням.

В табл. 1 наведені результати дослідження критичної швидкості заносу та перекидання вантажного автомобіля.

Таблиця 1

**Результати дослідження критичної швидкості заносу
та перекидання вантажного автомобіля**

Радіус заокруглення ділянки дороги, R , м	Поперечний ухил, i , %	Критична швидкість заносу автомобіля, V_z , (км/год)	Критична швидкість перекидання автомобіля, $V_{пер}$, (км/год)
20	0,03	36,34	36,99
40		51,39	52,31
60		62,94	64,07
80		72,68	73,98
100		81,2	82,7
120		88,7	90,61

За результатами досліджень, будемо графік залежності критичної швидкості заносу V_z та перекидання $V_{пер}$ залежно від радіуса повороту R під час руху в особливих умовах рис. 1.

В табл. 2 наведені результати дослідження критичного радіуса заносу та перекидання вантажного автомобіля під час руху в особливих умовах

Таблиця 2

**Результати дослідження критичного радіуса заносу
та перекидання вантажного автомобіля під час руху в особливих умовах**

Швидкість руху автомобіля, V , (км/м)	Поперечний ухил, i , %	Критичний радіус повороту з умови заносу, R_z (м)	Критичний радіус повороту автомобіля за умови перекидання, $R_{пер}$ (м)
50	0,03	37,8	34,6
60		54,5	49,8
70		74,2	67,8
80		96,9	88,5
90		122,6	112

За результатами досліджень, будуємо графік залежності критичного радіуса заносу та перекидання пожежного автомобіля від швидкості руху рис. 2.

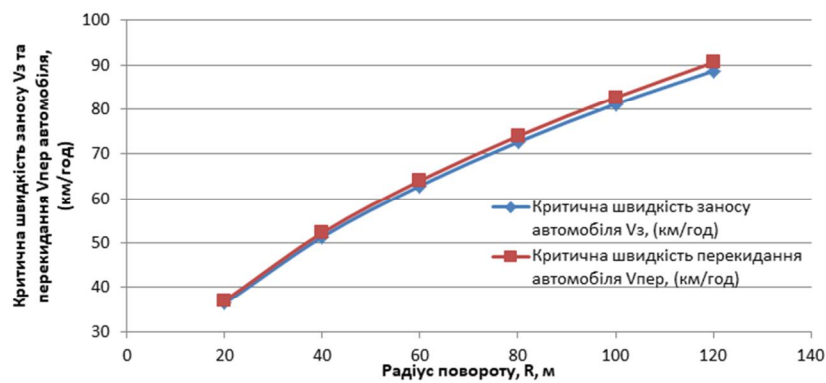


Рис. 1 Залежності критичної швидкості заносу V_z
та перекидання $V_{пер}$ від радіуса повороту R

Аналізуючи параметри поперечної стійкості автомобілів під час руху в особливих умовах (табл. 1, рис. 1), а саме критичної швидкості заносу V_z (км/год.) та критичної швидкості перекидання $V_{пер}$ (км/год.), для заданих радіусів повороту з урахуванням поперечного ухилу проїзної частини, варто відмітити, що найбільш безпечною швидкістю є в діапазоні 50–70 км/год., за умови, що радіус повороту не менше 60–80 м. Зі зменшенням радіуса повороту необхідно зменшувати швидкість транспортного засобу до 40 км/год.

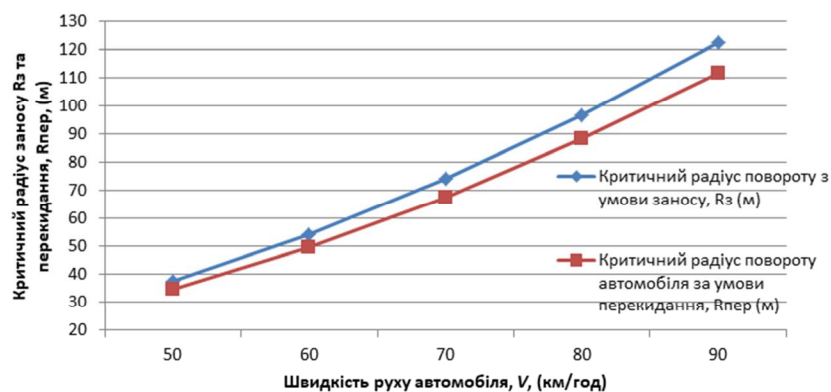


Рис. 2 Залежності критичного радіуса заносу R_z та перекидання $R_{пер}$
пожежного автомобіля від швидкості руху V

За результатами досліджень критичного радіуса заносу R_z та перекидання $R_{пер}$ можна зробити наступні висновки (табл. 2, рис. 2). Під час руху автомобілів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту на ділянках доріг в особливих умовах, а саме коли радіус заокруглення ділянки дорого менше 60 м, для уникнення заносу або перекидання транспортного засобу, водіям необхідно дотримуватись безпечної швидкості, яка не перевищує 60 км/год.

Література

1. І. Бачинська, В. Шевчук. Дослідження безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 180–181.
2. Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, Р.В. Хорошун, В.В. Шевчук. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Львів. 2023. Вип. №28. С. 115–122.
3. Мигаль Г. В., Протасенко О. Ф. Безпека та організація дорожнього руху: навч. посіб. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського, 2021. 85 с.
4. M. Oliskevych, S. Kovalyshyn, M. Magats, V. Shevchuk, O. Sukach. The optimization of trucks fleet schedule in view of their interaction and restrictions of the european agreement of work of crews. Transport problems. 2020, Volume 15, Issue 2.

УДК 656.025.2

АНАЛІЗ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВИДІЛЕНИХ СМУГАХ РУХУ

ANALYSIS OF HIGH SPEED VEHICLE SPEED ON DEDICATED TRAFFIC LANES

Олег Грицунь

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

У роботі проведено аналіз швидкісного режиму транспортних засобів на виділених смугах руху для громадського транспорту. Розглянуто вплив інтенсивності руху, складу транспортного потоку та організації дорожнього простору на зміну швидкості. Дослідження виконано на прикладі магістральних вулиць міста, результати засвідчили підвищення ефективності руху та зменшення затримок на ділянках із виділеними смугами.

У сучасному міському середовищі проблема ефективного управління транспортними потоками стає одним із ключових викликів для фахівців у сфері транспортного планування та організації дорожнього руху. Особливо це актуально для великих урбанізованих центрів, у яких спостерігається постійне зростання рівня автомобілізації. Збільшення кількості транспортних засобів спричиняє додаткове навантаження на вулично-дорожню мережу, яка часто не здатна адаптуватися до швидко зростаючих обсягів руху без суттєвих змін в її організації. Наслідками цього процесу є формування заторів, зниження середньої швидкості руху, зростання транспортних затримок, погіршення екологічної ситуації, зниження рівня мобільності населення та економічні втрати через нераціональне використання часу.

В умовах інтенсивної урбанізації та обмеженості вуличного простору одним із найбільш ефективних інструментів оптимізації роботи транспортної системи є впровадження смуг, спеціально виділених для руху громадського транспорту. Такі смуги дозволяють забезпечити безперешкодний рух автобусів, тролейбусів та інших маршрутних транспортних засобів, що сприяє зниженню часу затримки, покращенню дотримання графіків руху та загальному підвищенню швидкості обслуговування пасажирів. Забезпечення пріоритету громадського транспорту має стратегічне значення для розвитку сталої мобільності, оскільки стимулює мешканців міста відмовлятися від використання приватного транспорту на користь більш ефективних та екологічно безпечних способів пересування.

Практика реалізації таких рішень у місті Львові свідчить про їхню ефективність. Так, з 2021 року у Львові активно впроваджуються виділені смуги руху для громадського транспорту на основних магістралях. Наприклад, на проспекті Чорновола були облаштовані окремі смуги, призначені виключно для автобусів та тролейбусів. Згідно з даними ЛКП «Львівавтодор», після впровадження цих смуг середня швидкість руху громадського транспорту на згаданих ділянках зросла на 10 – 25 %, а затримки в години пік суттєво зменшилися.

Зокрема, на проспекті Чорновола після запровадження виділеної смуги середній час поїздки автобусів скоротився приблизно на 4 – 6 хвилин у порівнянні з періодом до її введення. Крім того, створення умов для швидкого та стабільного пересування громадського транспорту позитивно позначається на екологічному стані міста. Зменшується кількість викидів шкідливих речовин у повітря, рівень шумового забруднення та енергетичні витрати на переміщення одиниці пасажирообігу. Разом з тим, впровадження виділених смуг повинно супроводжуватись глибоким аналізом транспортної ситуації, з урахуванням особливостей міської інфраструктури, структури попиту, інтенсивності руху, типу транспорту, що експлуатується, а також можливих конфліктів із іншими учасниками дорожнього руху, зокрема приватними автомобілями, велосипедистами та пішоходами.

Необхідність дослідження чинників, що впливають на швидкісний режим та затримки на виділених смугах, обумовлена потребою у розробці дієвих управлінських рішень і політик у сфері транспорту. До таких чинників можна віднести щільність транспортного потоку, тип дорожнього покриття, наявність або відсутність світлофорного регулювання, технічні характеристики перехресть, наявність запаркованих автомобілів, погодні умови, конфігурацію вулично-дорожньої мережі.

Аналіз та оцінка ефективності функціонування виділених смуг у реальних умовах львівських вулиць дозволяє сформулювати практичні рекомендації для міських органів управління щодо удосконалення маршрутної мережі, коригування світлофорних фаз, покращення інфраструктури зупинок і забезпечення контролю за дотриманням правил руху. Зокрема, у Львові впроваджується система відеоспостереження на ділянках із виділеними смугами для виявлення порушень (руху по смугах приватного транспорту), що є необхідною умовою забезпечення їх ефективної роботи.

У довгостроковій перспективі впровадження ефективно спроектованих виділених смуг для громадського транспорту сприятиме не лише покращенню рівня обслуговування пасажирів, а й забезпеченню стабільного функціонування міської транспортної системи загалом. Це важливий крок на шляху до створення сталої, комфортної та доступної транспортної інфраструктури, орієнтованої на потреби мешканців та з урахуванням екологічних і соціальних пріоритетів.

УДК 656.13

ПАРАМЕТРИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ ЯК ОСНОВНИЙ ЧИННИК ФОРМУВАННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

TRAFFIC FLOW PARAMETERS AS THE MAIN FACTOR IN THE FORMATION OF SAFE TRAFFIC CONDITIONS AT INTERSECTIONS

Назар Жеребецький, Ірина Криса, Зоряна Беднарчук

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

The paper analyzes the main factors affecting the level of road safety at intersections of city streets. It is established that it is the parameters of the traffic flow and their fluctuations in different periods of the day that have a significant impact on the formation of safe traffic conditions.

Збільшення щільності населення в окремих урбанізованих регіонах нашої держави, у поєднанні з недосконалою структурою вулично-дорожньої мережі (ВДМ), призвело до зростання навантаження на транспортну інфраструктуру. Міграційні процеси, спричинені повномасштабною війною в Україні, призвели до зростання частки перевезень автомобільним транспортом у загальній структурі транспортних переміщень. Це, своєю чергою, суттєво підвищило рівень навантаження на ВДМ міст, зокрема на перехрестях вулиць і доріг, що негативно впливає на їх пропускну здатність та рівень безпеки дорожнього руху.

Зростання інтенсивності руху на ВДМ, зміна їх структурного складу та швидкісних характеристик транспортного потоку щорічно зумовлюють підвищені вимоги до засобів управління та схем організації дорожнього руху на перехрестях з метою забезпечення необхідного рівня його безпеки. Для досягнення таких цілей необхідним є формування оптимальної за довжиною, щільністю та транспортно-експлуатаційними показниками ВДМ на підходах до перехресть. Ефективне функціонування транспортної інфраструктури передбачає постійне здійснення цілеспрямованих заходів, пов'язаних із плануванням, впровадженням технічних засобів організації дорожнього руху та оперативним управлінням транспортними потоками.

Перехрестя вулиць є критично важливими місцями в дорожньої мережі з точки зору пропускну здатності та безпеки руху. Оскільки, це місця, де транспортні потоки взаємодіють між собою та іншими учасниками дорожнього руху. Це місця з високим ризиком аварій, оскільки учасники дорожнього руху повинні використовувати один і той самий простір в зоні перехрестя та на його підходах. У зв'язку з тим постає проблема якісного оцінювання рівня безпеки із врахуванням параметрів транспортних потоків. Тому оцінка і формування безпечних режимів руху на перехрестях має базуватися на детальному аналізі параметрів транспортного потоку, оскільки саме ці показники є ключовими індикаторами рівня ризику на міських вулицях і дорогах.

До основних параметрів транспортного потоку, що суттєво впливають на безпеку, належать інтенсивність, щільність та швидкість руху, а також нерівномірність і коливання складу транспортного потоку. Висока інтенсивність руху часто призводить до перевантаження вулично-дорожньої мережі, зменшення часових інтервалів у транспортному потоці, що у свою чергу, підвищує ймовірність виникнення конфліктних та аварійних ситуацій. Нестабільність швидкісного режиму, наявність агресивного маневрування або різких змін смуг руху створюють

додаткові ризики для всіх учасників руху, особливо на перехрестях, де існує значна концентрація дозволених маневрів.

Таким чином, при розробці заходів з підвищення безпеки на перехрестях важливо враховувати реальні параметри транспортного потоку та їх коливання. Саме на їх основі можливо обґрунтовано визначити оптимальні рішення, що сприятимуть мінімізації ризиків і підвищенню загального рівня безпеки дорожнього руху в міському середовищі.

УДК 656.13

**АКВАПЛАНУВАННЯ І БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ.
МОЖЛИВІ ПРИЧИНИ ВТРАТИ ВОДІЯМИ КОНТРОЛЮ НАД КЕРОВАНІСТЮ
АВТОМОБІЛЯМИ В УМОВАХ ДОЩУ**

**AQUAPLANING AND ROAD SAFETY
POSSIBLE CAUSES OF DRIVERS LOSING CONTROL
OF THEIR VEHICLES IN RAINY CONDITIONS**

Володимир Бутрин, Андрій Куйбіда, Ігор Івашко

*Львівський науково дослідний інститут судових експертиз Міністерство юстиції України,
вул. Липинського, 54, м. Львів, 79024*

The paper proposes general approaches to the formation of aquaplaning on roadways. Approaches to determining the critical speed limits for vehicles during rainfall are suggested. The research results can be used to implement additional speed restrictions on road sections with increased hazard levels.

На протязі останніх кількох років у Львівському НДІСЕ неодноразово проводилися експертизи із дослідження причин втрати водіями контролю над керованістю автомобілів як перед зустрічними зіткненнями, так і перед виїздами автомобілів за межі проїзних частин в умовах сильних опадів дощу. При цьому ДТП мали місце як на ділянках доріг, де була максимально дозволеною швидкість руху 90 км/год, так і на ділянках доріг із розділеними проїзними частинами, де максимально дозволеною була швидкість руху 110 км/год. В усіх випадках такі ДТП мали місця на ділянках доріг, де можливе було утворення калюж внаслідок складних конфігурацій проїзних частин доріг і неякісного водовідведення (через застій води), а також відбувалися поперечні перетікання води через наявність поперечних ухилів лише в одному напрямку до одного із узбіч. Наслідки таких ДТП були тяжкими. На тих же ділянках доріг, коли дорожні покриття були сухими, ніяких подібних ДТП не ставалося.

Такі обставини дають підстави розглянути наведені нижче обставини.

Вода на проїзній частині утворюється під час дощу, при таненні снігу, конденсації водяних парів, туманах тощо. У залежності від джерела зволоження кількість води на дорожньому покритті різна. При дощах малої інтенсивності, під час туманів, при підвищеному зволоженні покритті можливо лише зволоження покриття за рахунок вбирання вологи матеріалом дорожнього покриття. У цьому випадку сила тертя у зоні контакту шини з дорожнім покриттям практично не змінюється. Якщо вода знаходиться у вигляді шару певної глибини, вона перешкоджає руху колеса у поздовжньому напрямку внаслідок підвищення опору коченню. Практично вода починає впливати на зчіпні властивості за товщини плівки 0,2 мм. У результаті різко знижується адгезійна складова сили тертя [1].

Під час їзди по сухій поверхні максимальне сповільнення, яке може розвинути автомобіль, дуже мало залежить від швидкості руху, тобто незалежно від того, їде автомобіль із малою чи із великою швидкістю коефіцієнт зчеплення має приблизно сталі значення.

Коли ж автомобіль їде по твердій мокрій поверхні коефіцієнт зчеплення значно зменшується із зростанням швидкості руху. При значних швидкостях вода не достатньо швидко витискається з-під колеса, виникає водяний клин, через що зменшується площа контакту шини колеса із поверхнею проїзної частин і може статися така ситуація, коли шина взагалі не буде безпосередньо контактувати із поверхнею проїзної частини, а контакт буде здійснюватися через шар води (водяну плівку). При певній товщині водяної плівки, що скупчується перед шиною та високій швидкості руху через дію гідродинамічних сил у місцях контакту утворюється водяний клин та шина спливає на плівці рідини. При цьому сили зчеплення визначаються тільки тертям у шарі рідини і тому колесо не здатне сприймати або передавати скільки-небудь значні зовнішні сили.

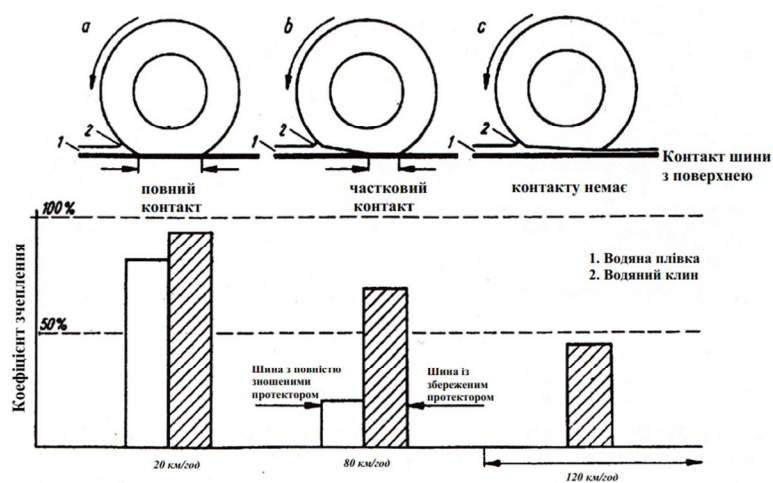


Рис. 1. Фази виникнення аквапланування: а – шина витискає воду по боках, зберігаючи контакт з поверхнею дороги на низькій швидкості; б – водяний клин проникає під шину, яка зберігає тільки частковий контакт із поверхнею при збільшенні швидкості; в – водяний клин проникає під шину, внаслідок чого вона втрачає контакт з поверхнею на великій швидкості та виникає аквапланування [2].

У свою чергу, величина сил зчеплення та тертя елементів шини із покриттям залежить від багатьох факторів: товщини шару води на поверхні дорожнього покриття; величини шорсткості дорожнього покриття; величині поперечного та поздовжнього похилу; забезпечення відводу води з поверхні дорожнього покриття; малюнка та ступеню зносу протектора шини, тиску в шині; швидкості руху транспортного засобу.

У такій ситуації коефіцієнт зчеплення може зменшитися навіть до величин таких, як для зледенілого покриття, хоча автомобіль ніби і їде по асфальтному покритті. Описане явище має назву «динамічне аквапланування» (або просто «аквапланування»), «аквапланінг» (англійською – «aquaplaning» або «hydroplaning») [1].

Існує декілька математичних моделей, що описують явище аквапланування [3].

Найбільш часто використовують формули Horne, які враховують тиск повітря в шинах, а також відношення ширини протектора до довжини її поверхні (сліду) контакту із поверхнею дороги.

Швидкість руху, при якій настає аквапланування легкових автомобілів, визначається за формулою (1) для вантажних транспортних засобів за формулою (2) [3].

$$V_c = 5,55 \sqrt{\frac{p}{\left(\frac{w}{l}\right)}}; \quad (1)$$

$$V_t = 4,88 \sqrt{\frac{p}{(\frac{w}{l})}}; \quad (2)$$

де p – тиск у шині, кПа; w – ширина шини, м; l – довжина поверхні контакту шини з покриттям дороги, м.

Враховуючи величину тиску повітря в шинах сучасних легкових автомобілів, критичні швидкості аквапланування можуть бути меншими, ніж максимально дозволені вимогами ПДР (особливо це може стосуватися ділянок доріг, де дозволені швидкості складають 110 км/год і більше).

Слід мати на увазі, що формули 1 та 2 є досить наближеними, оскільки вони не враховують таких параметрів, як глибина малюнку протектора, тип структури поверхні, товщину шару води.

За результатами проведених досліджень, встановлені значення швидкості руху при якій настає аквапланування легкових автомобілів із різними типами шин та нормативним тиском повітря у шинах, результати яких наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Результат досліджень значення швидкості руху при якій настає аквапланування

Типорозмір шини	p – тиск у шині, кПа	w – ширина шини, м;	l – довжина поверхні контакту шини з покриттям дороги, м	V_c – швидкість при якій можливе настання аквапланування, км/год
255/50 R19	320	0,255	0,225	88
195/55 R16	270	0,195	0,155	72
225/60 R18	310	0,225	0,16	69
225/45 R17	250	0,225	0,19	74
205/55 R16	250	0,205	0,185	79

Проведеними авторами розрахунками встановлено, що при цих значеннях швидкостей (70 км/год; 90 км/год) значно зменшується ймовірність виникнення такого небезпечного явища як аквапланування, про яке ще не згадується у спеціальній технічній літературі, яка використовується у практиці проведення судових автотехнічних експертиз СЕУ МЮ України.

Порівнявши розрахункові значення критичних швидкостей руху із тими значеннями швидкостей руху автомобіля, які встановлені слідчим шляхом, можна буде зробити висновки про те, чи втрата керованості транспортним засобом в умовах конкретної ДТП могла бути наслідком виникнення аквапланування, чи ні.

Література

1. *Звіт про науково-дослідну роботу комплексне дорожньо-технічне та автотехнічне дослідження впливу стану дорожнього покриття та інженерного облаштування автомобільної дороги на факт ДТП. Харків: 2013.*
2. *Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego. – Kraków, Wydawnictwo instytutu ekspertyz sądowych, 2002.*

УДК 656.13

**ОЦІНКА ПРИЧИН ТА УМОВ ВЧИНЕННЯ ДТП НА ОСНОВІ СУДОВОЇ
ЕКСПЕРТИЗИ: ПРАКТИЧНИЙ АСПЕКТ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ
ДОРОЖНЬОГО РУХУ**

**ASSESSMENT OF THE CAUSES AND CONDITIONS OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS
BASED ON FORENSIC EXPERTISE: A PRACTICAL APPROACH TO IMPROVING
ROAD SAFETY**

Мар'ян Гіць, Олександр Давидович, Володимир Придиба

*Львівський науково дослідний інститут судових експертиз Міністерство юстиції України,
вул. Липинського, 54, м. Львів, 79024*

The article examines the role of forensic auto-technical expertise in analyzing the causes of road traffic accidents. It outlines the main objectives, methods, and practical significance of such expertise in enhancing road safety. Statistical trends are analyzed, and opportunities for improving expert practices are discussed. Emphasis is placed on digitalization, regulatory updates, and professional training as essential elements for effective accident prevention.

У сучасних умовах стрімкого зростання автомобільного трафіку та ускладнення дорожньої інфраструктури питання забезпечення безпеки дорожнього руху набуває особливої ваги. Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) залишаються однією з провідних причин смертності та травматизму в Україні. Аналіз причин та умов їх вчинення є ключовим етапом у формуванні ефективної системи профілактики ДТП.

У цьому контексті судова автотехнічна експертиза виступає не лише інструментом встановлення обставин події, а й джерелом об'єктивної інформації для виявлення технічних, інфраструктурних і людських недоліків у системі дорожнього руху. Практичне використання результатів експертизи дозволяє забезпечити справедливе вирішення конкретної справи та сформулювати науково обгрунтовані рекомендації для підвищення безпеки дорожнього руху на загальнодержавному рівні.

Саме тому дослідження причин та умов ДТП через призму судової експертизи є надзвичайно актуальним і має як наукове, так і практичне значення.

Судова автотехнічна експертиза є видом судової експертної діяльності, що полягає у науково обгрунтованому дослідженні технічних аспектів дорожньо-транспортної пригоди з метою встановлення механізму її вчинення, дій учасників, технічного стану транспортних засобів і дорожніх умов [1].

Відповідно до ст. 7 Закону України «Про судову експертизу», така експертиза здійснюється на підставі ухвали суду, постанови слідчого або прокурора і покликана забезпечити об'єктивне з'ясування обставин справи [1].

Основними завданнями автотехнічної експертизи є [2]: встановлення механізму ДТП, місця зіткнення та траєкторій руху; визначення швидкості руху транспортних засобів; оцінка технічного стану ТЗ на момент пригоди (відповідно до ДСТУ 3649:2010 та інших технічних норм); аналіз дій водіїв з урахуванням вимог Правил дорожнього руху України (ПДР) [3]; визначення технічної можливості уникнення ДТП в умовах конкретної ситуації; оцінка впливу дорожніх умов, погоди, освітлення, дорожніх знаків (відповідно до ДСТУ 4100:2021 – «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні»).

Згідно з Методикою проведення автотехнічної експертизи транспортних пригод [2] експерт застосовує розрахункові методи, трасологічні дослідження, комп'ютерне моделювання та інші науково обгрунтовані підходи.

Судова автотехнічна експертиза є незамінним інструментом у розслідуванні ДТП, а її результати дозволяють не лише встановити обставини події, а й формувати системні рекомендації для підвищення рівня безпеки дорожнього руху.

Під час проведення експертизи використовуються науково обґрунтовані методи, що дозволяють об'єктивно встановити механізм пригоди та оцінити дії її учасників.

Серед основних методів дослідження: кінематичні розрахунки – визначення швидкості, гальмівного шляху, часу реакції водія, а також можливості уникнення зіткнення; трасологічні дослідження – аналіз слідів на дорожньому покритті, що дозволяє встановити місце контакту, напрямки удару, зміну траєкторії; технічна діагностика ТЗ – виявлення несправностей у гальмівній системі, рульовому керуванні, підвісці (відповідно до ДСТУ 3649:2010); аналіз відео- та фотоматеріалів – підвищення точності встановлення обставин за допомогою камер спостереження та відеореєстраторів; комп'ютерне моделювання ДТП – відтворення події у віртуальному середовищі (PC-Crash, Virtual Crash тощо); аналітичне зіставлення з ПДР України – перевірка дій учасників на відповідність правилам дорожнього руху та виявлення порушень.

Комбінація методів забезпечує високу достовірність висновків, що сприяє як правильному вирішенню справи, так і виявленню системних проблем у дорожньому русі.

Результати експертизи важливі не лише для з'ясування обставин конкретної ДТП, а й для формування ефективних заходів профілактики. Аналіз причин та умов пригод дозволяє виявити системні недоліки інфраструктури, організації руху та поведінки учасників.

У 2024 році в Україні зареєстровано 25 781 ДТП із потерпілими, у яких загинуло 3 202 особи. Найбільш поширеною причиною залишалося перевищення безпечної швидкості – 39,4% випадків, що спричинило понад 1 700 смертей. Суттєву частку аварій спричинили порушення правил маневрування (22,8%) та перехресть. Значна є кількість ДТП за участю мотоциклістів – 10% (табл. 1).

Таблиця 1

Статистика ДТП за результатами експертиз [4]

Причина ДТП	Частка від загальної кількості, %	Зв'язок з недоліками організації дорожнього руху
Перевищення безпечної швидкості	39,4%	відсутність належного контролю швидкості, недостатня кількість знаків обмеження
Порушення правил маневрування	22,8%	-
Порушення правил проїзду перехресть	9,7%	неефективна схема організації руху, погана видимість знаків або їх відсутність
Порушення правил пішохідних переходів	6,9%	відсутність розмітки, неосвітлені переходи
Недотримання безпечної дистанції	5,5%	-
Керування у стані сп'яніння	4,6%	-
Виїзд на зустрічну смугу	2,1%	-
ДТП за участю мотоциклістів/мопедів	10,0%	недостатньо інфраструктури для двоколісного транспорту, відсутність роздільних смуг

Судова автотехнічна експертиза забезпечує науково обґрунтовану оцінку обставин аварій, що дозволяє виявити як технічні, так і організаційні чинники. Блок-схема, яка демонструє логіку впливу судової автотехнічної експертизи на підвищення безпеки дорожнього руху наведено на рис. 1.

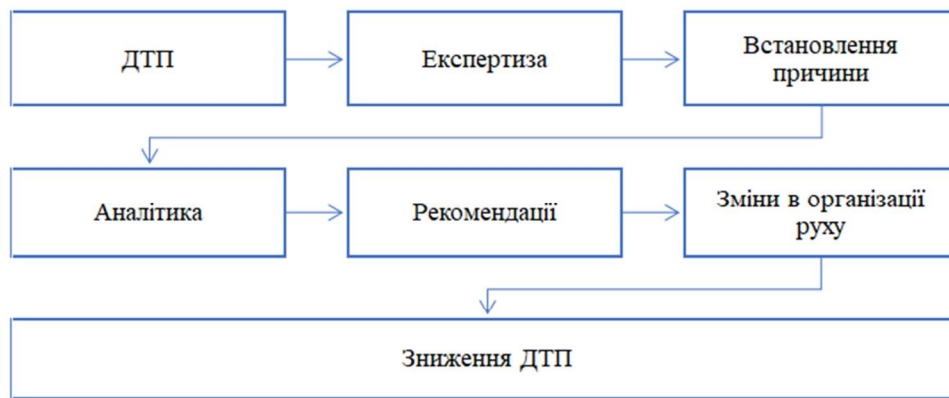


Рис. 1. Модель впливу експертизи на безпеку дорожнього руху

Цей ланцюг показує, як на основі об'єктивного аналізу наслідків аварій можна формувати ефективні рішення для запобігання подібним інцидентам у майбутньому.

Перспективи удосконалення роботи судової експертизи: впровадження цифрових технологій і автоматизованих систем аналізу; створення єдиної бази даних експертиз ДТП; оновлення нормативно-правової бази; підвищення кваліфікації експертів; модернізація системи підготовки водіїв; впровадження психологічних обстежень для водіїв після ДТП; активізація просвітницьких кампаній з безпеки дорожнього руху.

Комплексне дослідження причин ДТП на основі судових експертиз дозволяє виявити фактори ризику можливості ДТП та розробити ефективні заходи щодо їх профілактики. Використання новітніх технологій, оновлення нормативної бази та підвищення кваліфікації експертів є запорукою зниження аварійності в Україні.

Література

1. Закон України «Про судову експертизу» від 25.02.1994 № 4038 - XII.
2. «Збірник методик автотехнічних експертиз» (наказ Мін'юсту № 53/5 від 08.10.1998). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0053323-98#Text>.
3. Правила дорожнього руху України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-n#Text>
4. МВС України. У МВС озвучили статистику ДТП за 2024 рік. – Режим доступу: <https://mvs.gov.ua/news/u-mvs-ozvucili-statistiku-dtp-za-2024-rik>

СЕКЦІЯ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ЛОГІСТИЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ

УДК 656.13

TIME CRITERION IN THE BASIS PLANS FORMATION FOR AGRICULTURAL PRODUCTS TRANSPORTATION OPTIMIZATION TASKS

Maksym Afonin, Oleksandr Maksymiuk

*Lviv Polytechnic National University,
79013, Bandery Str., 12, Lviv*

The paper analyzes the practical and scientific problems of agricultural transportation. The arguments for establishing time values as transportation costs in classical linear programming problems are presented, as far as transportation of agricultural products is concerned.

Due to the seasonal nature of agricultural products, the harvesting period is limited in time, which creates increased requirements for the efficiency of transportation and proper storage conditions. In this regard, the efficient organization of the transportation process aimed at minimizing losses and ensuring product quality is of particular importance.

International scientific literature pays considerable attention to the transportation of fresh agricultural products. The main goal of such research is to reduce losses during transportation by applying cooling technologies and optimizing delivery costs, in particular, using refrigerated transport. For example, study [1] proposes a mathematical model that takes into account 29 parameters and can be used to optimize route design and reduce costs associated with cargo damage. Adapting such experience to Ukrainian conditions is a promising area for improving the logistics of agricultural products delivery.

It is also important to keep in mind that the transportation process includes not only transportation itself, but also preparatory operations such as loading, unloading, packaging, labeling, and temporary storage of products. The rhythmicity of transportation is possible due to the preliminary sorting and formation of cargo batches at the places of product collection, which allows for stable delivery to warehouses and further formation of routes according to customer requirements [2].

One of the most effective approaches towards transport process organization is cross-docking, which involves direct transportation of agricultural products from the harvesting site to processing plants without intermediate storage. This logistics scheme allows to reduce the costs associated with the preparation of products for delivery, but is accompanied by certain risks [2]. In particular, the main disadvantages include the possibility of vehicle queues due to uneven cargo arrival, lack of sorting stages, and limited product quality control.

At the same time, the study [3] considers cross-docking as a strategic tool for managing operational activities, which helps to increase the efficiency and adaptability of logistics systems. This approach minimizes the volume of warehouse stocks and reduces delivery time. In addition, the results of the regression analysis presented in the same source indicate that with the increase in the scale of the enterprise, the likelihood of the need to implement cross-docking as a tool for logistics optimization increases.

When it comes to products such as sugar beets that need to be transported from different tracts to other processing facilities, engineers and logisticians primarily turn to linear programming

methods. For example, we can consider meeting the needs of sugar factories through different sown areas within a certain perimeter, without primarily linking vehicles or tracts to specific industrial facilities. By definition, this is a classical closed-form linear programming transportation problem, since sugar factories are able to process the entire volume of beets coming from the field. The goal of this problem is a classic one: to develop a plan for assigning suppliers to consumers that minimizes transportation costs. In practice, the transportation problem involves writing the objective function as the sum of the product of cargo flow and distance, or the transportation cost.

At the same time, when it comes to the transportation of agricultural products, namely sugar beet, when the active season lasts from August to December, time is an important factor, as the carrying capacity of vehicles depends on many factors, such as human resources and working time reserves, hydrometeorological conditions, etc. In addition, the transportation tariff in most cases depends on the distance, although the technological processes of agricultural transportation also require a clear calculation of man-hours during loading or unloading. Under these conditions, the objective function is calculated as follows:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_{i,j} \cdot t_{i,j} \Rightarrow \min \quad (1)$$

where $q_{i,j}$ – the cargo flow from the i -th tract to the j -th sugar factory; $t_{i,j}$ – the delivery time from the i -th tract to the j -th sugar factory, including the delivery of the truck.

The reference and optimal plans based on such criteria will not always coincide with those that offer the minimum values of transportation work in ton-kilometers, but they will allow for road conditions, the complexity of loading and unloading operations, etc. However, the approach to transportation optimization also opens up the possibility of introducing additional restrictions on the transportation task that could reflect the reserve of drivers' working time, as in the near future, all dump trucks that work with agricultural products in Ukraine must be equipped with tachographs.

A number of researchers argue that the use of optimization problems to study operations in transport systems is an exhausted way to improve freight transportation processes. This view is easy to agree with in the context of deterministic input data on cargo flows, stability of traffic conditions, etc. However, when it comes to a specific technological process of agricultural products haulage, when transportation costs are not directly proportional to the shipping distance, optimization tasks can be enlarged by new additional criteria and constraints, which creates conditions for their improvement.

The time criterion in such problems is actually a function that describes such factors as road and hydrometeorological conditions, the drivers' functional condition, the efficiency of loading and unloading mechanisms, etc. Further research should apply the time criterion as the shipping cost in linear programming freight problems and provide conclusions on how the cost function of the transportation process should change if minimizing the shipping distance is not a priority.

References

1. Zhu S., Fu H., Li Y. *Optimization Research on Vehicle Routing for Fresh Agricultural Products Based on the Investment of Freshness-Keeping Cost in the Distribution Process // Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, No. 14. – art. no.. 8110.
2. Mikulina M. O., Solariov O. O., Tatsenko O. V. *The role of warehouse infrastructure in transport technologies for agricultural production // Inzheneriia pryrodokorystuvannia – Environmental Engineering*. – 2020. – No. 4 (18). – p. 29–34.
3. Amaya Bedoya D. A., Gil Herrera R. J. *Cross-docking and Lean Management: a winning combination // Revista RIMI*. – 2024. – Vol. 1, No. 2. – P. 19–28.

УДК 656.13

ASSESSMENT OF THE IMPORTANCE OF THE TRIP PARAMETERS IN THE URBAN AREA (BASED ON THE SURVEY RESULTS)

Vladyslav Suslov, Ivanna Gits, Halyna Pivtorak

*Lviv Polytechnic National University,
Stepana Bandery Str., 12, Lviv, 79013*

The sustainability of the urban transportation system is determined, in particular, by the distribution of movements in the urban area by type. Different groups of factors influence the population's choice of trip mode. Understanding the importance of these factors for travelers allows for more effective policy-making to promote sustainable mobility.

The development of sustainable multimodal transport systems is one of the key strategies to reduce the negative impact of transport on the environment [1]. Many cities are striving to increase the share of active modes of transportation (walking, cycling), as this has a positive impact on both the individual (health benefits) and the network (reduced number of cars and, consequently, congestion and pollution). [2]. Efficient public transport is also a promising solution for sustainable mobility development [3].

Understanding how people prioritize different factors that influence their choice of urban transportation is crucial for the development of multimodal transportation systems [4]. In general, the scientific literature identifies four groups of factors that influence the choice of how to move around the city [5]: socio-economic and demographic factors; patterns of spatial development (form of urban development, population density); transportation policy (impact on financial and time costs and convenience of different types of transportation); cultural characteristics of individual countries or regions (lifestyle, attitude to environmental issues).

Understanding the degree of influence of these factors in specific urban conditions allows us to more accurately formulate a list of measures that will contribute to a more sustainable distribution of movements by type.

The data used for the following analysis are the results of surveys of 72 respondents about their behavior when moving around the city. The sample consists of 56% of men and 44% of women, 69% of respondents are students, 53% own a car. Among the respondents, 17% usually move around the city by car, 24% – on foot, 1% – by bicycle, and 58% – by public transport.

One of the questions in the questionnaire was: “Please rank the following parameters of urban transportation in terms of their importance to you, where 1 is the least important parameter and 4 is the most important parameter.” The respondents evaluated the following parameters: trip time, trip cost, trip comfort, and environmental impact of the type of movement.

Fig. 1 presents a diagram of the distribution of respondents' answers.

The majority of respondents (35%) named the trip time as the most important parameter. It is interesting to note that the trip cost is the most important parameter for the smallest number of respondents (17%).

The non-parametric statistical Friedman's test was used to determine whether there are statistically significant differences between the respondents' assessments of the importance of specific parameters. The results of the calculations for the sample as a whole indicate the presence of statistically significant differences in the estimates: Friedman's test value exceeds critical value for significance level $\alpha = 0,05$ ($21,84 > 7,81$). To test the relationship between the predominant trip

mode and the importance of certain parameters for respondents, we calculated the results separately for groups of respondents with different predominant modes of travel. The results are presented in Table 1.

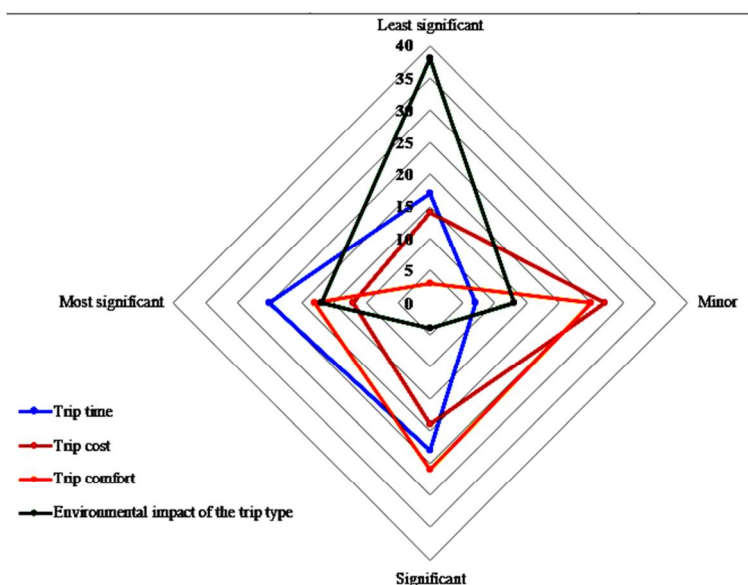


Fig. 1. Distribution of estimates of the significance of the parameters for choosing the trip type in the urban area

Table 1

The relationship between the importance of specific parameters of movement and the choice of the trip mode in the urban area

Case	Sample size	Friedman's test value	Conclusion	Ranking parameters by their significance (from most to least significance) using the aggregated rank method			
Public transport users	42	12,52	Differences in scores are statistically significant				
- own a car	19	5,93	Differences in scores are statistically insignificant	Travel comfort (2,79)	Travel time (2,74)	Travel cost (2,32)	Environmental impact of travel type (2,21)
- don't own a car	23	7,43	Differences in scores are statistically insignificant	Travel time (2,87)	Travel comfort (2,74)	Travel cost (2,48)	Environmental impact of travel type (1,91)
Private transport users	12	6,10	Differences in scores are statistically insignificant	Travel time (3,00)	Travel comfort (2,92)	Travel cost (2,08)	Environmental impact of travel type (2,0)
Walkers	18	6,67	Differences in scores are statistically insignificant	Travel comfort (3,00)	Travel cost (2,65)	Travel time (2,47)	Environmental impact of travel type (1,88)

The results of the calculations indicate a difference in the assessment of trip parameters by users who usually choose to drive their own car, use public transport, and walk. Further research will be aimed at a more detailed study of the parameters influencing the choice of the trip mode in the urban area.

References

1. European Commission: Joint Research Centre, Rataj, M., Lodi, C., Zawieska, J., Stepniak, M., Cheimariotis, I., Grosso, M., Piazza, F. and Marotta, A., *New and Emerging Transport Technologies and*

Trends in European Research and Innovation Projects 2024, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1362356>, JRC140839

2. Ton, D., Duives, D. C., Cats, O., Hoogendoorn-Lanser, S., & Hoogendoorn, S. P. (2019). *Cycling or walking? Determinants of mode choice in the Netherlands. Transportation research part A: policy and practice*, 123, 7-23. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.023>.

3. Jain, T., Johnson, M., & Rose, G. (2020). *Exploring the process of travel behaviour change and mobility trajectories associated with car share adoption. Travel Behaviour and Society*, 18, 117-131. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.10.006>

4. Mahani, S. F., Oliveira, B. B., Patricio, L., Miguéis, V., Carravilla, M. A., & Oliveira, J. F. (2025). *Data-Driven Insights into Transportation Mode Choices and Their Impact on Sustainable Mobility. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5159715>*

5. Buehler, R. (2011). *Determinants of transport mode choice: a comparison of Germany and the USA. Journal of transport geography*, 19(4), 644-657. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.005>

УДК 656.13

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕМІЩЕНЬ НАСЕЛЕННЯ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПОКУПОК

FEATURES OF POPULATION MOBILITY DURING SHOPPING TRIPS

Микола Жук, Євген Пруський

Національний університет "Львівська політехніка"

79013, Львів, вул. С. Бандери, 12

У тезах проаналізовано купівельну поведінку населення і вибір способу переміщення під час здійснення покупок. Наведено результати онлайн опитування про покупки та спосіб переміщення мешканців населених пунктів та результати їх обробки.

Кожен вид діяльності, що має місце в міському середовищі, може бути пов'язаний з певним попитом на вантажні перевезення.

Дуже важливий зв'язок між ефективністю роботи логістичних систем та витратами кінцевих споживачів [1]. Люди в процесі купівлі стикаються з різними витратами [2]. До цих витрат можна віднести витрати на купівлю товарів, часу, фізичних сил, втоми.

Соціальним критерієм задоволення інтересів споживачів є якість оргівельного обслуговування [3], яка включає встановлення зручного для покупців режиму роботи підприємств торгівлі, застосування зручних для населення форм продажу товарів і методів обслуговування, доставку товарів, якість реклами та достовірну інформацію про товар для покупців [4].

Метою проведеного дослідження є купівельна поведінка населення в умовах військового стану, формування попиту на переміщення з метою покупок та вибір способу переміщення під час здійснення покупок.

У зв'язку з відсутністю у вільному доступі статистичних даних, пов'язаних з введенням військового стану, дані про купівельну поведінку населення в умовах військового стану та вибір способу переміщення під час здійснення покупок отримано шляхом онлайн-анкетування населення тих регіонів України, які не перебувають в зоні активних бойових дій отримано 450 заповнених анкет.

Було проведено очищення та стандартизацію даних з анкет. За допомогою мови програмування Python, було виконано кластерний аналіз, а саме KMeans, для виявлення прихованих закономірностей. Оптимальну кількість кластерів було визначено за допомогою методів ліктя та силуетів.

У результаті кластеризації було виявлено чітко відокремлені за певними характеристиками групи респондентів. Це дало змогу проаналізувати структуру вибірки даних більш детально. Було здійснено візуалізацію результатів кластеризації. Кожен кластер було проаналізовано з метою виявлення його специфічних рис. Такий підхід дозволив значно покращити подальші інтерпретацію та аналіз даних. Кластеризація є ефективним інструментом для розподілу та аналізу великих обсягів даних.

Сформовано мультиноміальні моделі частоти здійснення покупок продовольчих та непродовольчих товарів.

На частоту здійснення покупок впливає вік, стать, величина доходу, розміщення торгового об'єкта, наявність власного автомобіля.

На вибір способу переміщення під час здійснення покупок (власний автомобіль, громадський транспорт, велосипед/самокат чи рух пішки) впливає величина населеного пункту, відстань до об'єкта торгівлі, вага покупки.

Отримано наступні результати анкетування: в опитуванні взяли участь 288 жінок і 162 чоловіки, що становить відповідно 64% і 36% . З усіх опитаних 54% (242 респонденти) становлять мешканці м.Львів, 18% (83 респонденти) – мешканці сільської місцевості, 22% (101 респондент) – мешканці міст з населенням менше 100000 осіб, 6% (24 респонденти) – мешканці міст з населенням від 100000 до 500000 осіб. Анкету заповнили 204 респонденти з працюючого населення, 208 студентів, 38 респондентів пенсійного віку, що відповідає 46%,46%,8% відповідно. 66% мають вік до 30 років. 52% опитаних мають власний автомобіль у домогосподарстві.

Дані щодо структури вибірки опитаних за розміром домогосподарства та середньомісячним рівнем доходу домогосподарства подано на рис. 1.



Рис. 1. Структура вибірки опитаних:

а – за розміром домогосподарства; б – за середньомісячним доходом домогосподарства

Більша частина опитаних робить покупки продовольчих товарів декілька разів на тиждень. Це стосується 67% мешканців сіл та 73% мешканців міст. Для мешканців сільської місцевості дещо вищий відсоток варіантів відповіді «раз на тиждень» та «кілька разів на місяць» порівняно з мешканцями міст. Швидше за все це пов'язано з віддаленим розміщенням магазину, наявністю власного підсобного господарства (самозабезпечення овочами, фруктами, продуктами тваринництва, тощо). 68.5% мешканців малих та середніх міст і 72% мешканців великих міст роблять покупки продовольчих товарів в магазинах в межах пішої досяжності, в той час як мешканці сільської місцевості рідше – 61% опитаних.

Покупка вагою до 2 кг є «дуже типовою» (55% відповідей), а покупку вагою більше 10 кг «дуже типовою» назвали тільки 5% респондентів [5].

Що стосується покупок непродовольчих товарів, то більшість респондентів роблять такі покупки кілька разів на місяць.

Зі зростанням віку респондента частота здійснення покупки непродовольчих товарів зменшуються до «раз на місяць або менше». Жінки здійснюють такі покупки значно частіше – «декілька разів на місяць», ніж чоловіки.

Опитані мешканці Львова вибрали кілька способів переміщення з метою покупок, якими вони користуються: громадський транспорт та пішки (по 16% опитаних обрали його як основний вид переміщення і по 16,5% – як регулярний), дещо менше опитаних обрали приватний транспорт (17% – як основний вид переміщення і 11% – як регулярний). Серед мешканців середніх та малих міст більшість переміщень з метою покупок виконується приватним транспортом (33% опитаних вважають його основним способом для переміщень з вказаною метою, а ще 7% користуються ним регулярно). Серед мешканців сіл також переважають поїздки власним транспортом: 38% обрали його як основний вид переміщень при здійсненні покупок, а ще 15% – як регулярний) [5].

Наявність власного автомобіля та зростання рівня середньомісячного доходу домогосподарства зменшує ймовірність використання для переміщень з метою покупок громадського транспорту, руху пішки чи велосипедів/самокатів. Імовірність використання власного автомобіля збільшується зі зростанням розміру покупки. Але зростання рівня доходу не впливає на зміну ймовірності використання для переміщень з метою покупок руху пішки та велосипедів/самокатів.

Мешканці невеликих населених пунктів та сільської місцевості ймовірніше будуть використовувати велосипед/самокат та приватний транспорт в залежності від віку покупців та збільшення кількості осіб в домогосподарстві.

Згідно отриманих результатів опитувань 92% респондентів здійснюють покупку мінімум раз на тиждень. Це пояснюється бажанням мати певні запаси через страх зростання цін або відсутність товарів в магазинах. Жінки частіше купують продовольчі товари ніж чоловіки. Переважна більшість покупок продовольчих товарів здійснюється в магазинах недалеко від дому, що зменшує витрати часу на покупку, доставку, втрату фізичних сил людини. Поїздки в торговий центр за покупками далеко від дому менш ймовірні через ризик повітряної тривоги і, відповідно, закриття ТЦ.

На вибір способу пересування за покупками найбільший вплив має наявність власного автомобіля. Проте відсутність автомобіля збільшує ймовірність використання для переміщень з метою покупок руху пішки та велосипедів/самокатів.

Зі зростанням рівня доходу ймовірність використання власного автомобіля при поїздки за покупками зростає і спостерігається зменшення частоти покупок, що пояснюється тим, що за одну поїздку в торговий центр можна купити більше товарів для споживання. Також, чим більша величина покупки тим більша ймовірність використання приватного транспорту.

В результаті проведеного дослідження було вивчено купівельну поведінку населення в умовах військового стану, формування попиту на переміщення з метою покупок та вибір способу переміщення під час здійснення покупок. Дані отримано шляхом онлайн-анкетування населення тих регіонів України, які не перебувають в зоні активних бойових дій.

Література

1. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., et al. Increasing the Functioning Efficiency of the Working Warehouse of the "UVK Ukraine" Company Transport and Logistics Center. Communications-Scientific letters of the University of Zilina. 2020. Vol. 22. No2, P. 3-14.

2. Savelsbergh M., Van Woensel T. 50th anniversary invited article—city logistics: Challenges and opportunities. *Transportation Science*. 2016. Vol. 50. No 2. P. 579–590.
3. Liliana, N. Gabriel C., Mircea D. The Strategic Behavior of Companies in Romanian Competitive Environment. *Ovidius University Annals, Economic Sciences Series*. 2017. Vol. 17. No1. C. 345–350.
4. Шуміло О. С. Динаміка сучасного розвитку підприємств роздрібної торгівлі в Україні. *Бізнес Інформ*. 2014. No 11. С. 171–176.
5. M. Zhuk, H. Pivtorak, Y. Pruskyi, M. Skyba. Shopping Trip Modelling Considering the Impact of Martial Law. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*, 2025, 27(2):A13-A26.

УДК 656.135.073

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПРИ ВИКОНАННІ ЗОВНІШНЬОТОРГОВЕЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

RISK ANALYSIS WHEN PERFORMING FOREIGN TRADE TRANSACTIONS

Ірина Лебідь, Ірина Гнатюк, Діана Гомілко

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

The paper studies the main processes associated with the organization of foreign trade operations. The main risks and factors influencing the effectiveness of international cooperation with counterparties are analyzed.

Співпраця вітчизняних товаровиробників з іноземними контрагентами має неабиякий комерційний інтерес. До переваг такої взаємодії можна віднести такі чинники, як: розширення ринку збуту, залучення інвестицій, впровадження новітніх технологій, покращення якості та стандартів. Наприклад, можливість виходу на міжнародні ринки дає змогу вітчизняним товаровиробникам збільшити обсяги реалізації продукції та залучити нових клієнтів. Співробітництво з іноземними партнерами часто відкриває доступ до інвестицій, які можуть бути спрямовані на розвиток виробництва, модернізацію обладнання, розвиток інфраструктури. Також співпраця з міжнародними компаніями зазвичай потребує відповідності високим стандартам якості та безпеки, що може позитивно вплинути на виробництво. Поряд з позитивними моментами, взаємодія з іноземними контрагентами для вітчизняних товаровиробників може мати й недоліки, такі як: залежність від зовнішніх факторів, конкуренцію з іноземними товарами, ризики через політичні та економічні коливання [1].

До основних етапів виконання зовнішньоторговельної операції відносяться такі складові: підготовчий етап – етап укладання договору – етап логістики і транспортування – митне оформлення – етап оплати – фінальний етап. Усім цим етапам притаманні певні ризики. Ключовими учасниками зовнішньоекономічної діяльності є: експортно-імпорتنі компанії (виробники, постачальники, дистриб'ютори); логістичні компанії (транспортні перевізники, складські оператори); митні брокери; фінансові установи (банки, страхові компанії); державні органи (митна служба, профільні Міністерства); консалтингові компанії (аудитори, юристи).

Під час роботи учасників зовнішньоекономічної діяльності можуть виникати такі ризики: комерційні ризики (неплатоспроможність однієї зі сторін, зміна попиту на товари та послуги); фінансові ризики (коливання валютних курсів, непередбачені витрати); ризики

постачання (затримки у постачанні товарів, втрата або пошкодження вантажу); митні ризики (проблеми з митним оформленням, зміни у митних тарифах та законодавстві); логістичні ризики (затримки в транспортуванні, виведення з ладу АТЗ, погодні умови та стихійні лиха); юридичні ризики (зміни в законодавстві, порушення контрактних зобов'язань); репутаційні ризики (втрата довіри з боку партнерів і клієнтів, негативні відгуки в медіа).

Досить часто іноземні партнери можуть впливати на стратегію та операції компанії, що іноді обмежує гнучкість у прийнятті рішень. Або ж вимагати відповідності певним міжнародним стандартам, а це додаткові витрати на модернізацію. Українським товаровиробникам варто також розуміти, що присутність на міжнародному ринку означає конкуренцію з іншими виробниками, що іноді ускладнює досягнення бажаних обсягів продажів. Співпраця з іноземними партнерами може залежати від політичної ситуації певної країни, валютних курсів та митної політики, що негативно впливатиме на стабільність прибутків.

На ефективність виконання бізнес-процесів у зовнішньоекономічній діяльності мають вплив ряд важливих чинників: політичних, економічних, соціальних, управлінських. До політичних чинників відносяться стабільність (санкції, військові конфлікти ускладнюють торгівлю); державне регулювання (митні вимоги, ліцензії, квоти); міжнародна підтримка (угоди та торгові союзи спрощують процеси). Наприклад, згідно з дослідженням Інституту економіки і миру, у 2022 році країни, що переживали політичну нестабільність, показали зниження обсягу зовнішньої торгівлі в середньому на 15-20% через санкції, порушення ланцюгів постачання і торгові бар'єри.

До економічних чинників можна віднести курсові коливання (вплив на вартість товарів), інфляцію (призводить до зростання витрат та збільшення процентних ставок кредитування), економічний стан (рецесія або підйом впливають на попит) [2]. За інформацією Міжнародного валютного фонду для країн з нестабільним валютним курсом ризик втрати прибутку для експортерів зростає на 30-40% через непередбачувані курсові зміни. Наприклад, різкі коливання курсу гривні в Україні призвели до значного зниження обсягу експорту в деяких секторах.

Не менш важливі соціальні чинники: демографічна ситуація (потреби змінюються відповідно до віку і доходу населення), зміна споживчих уподобань (попит на продукцію залежить від моди та трендів). Наприклад, опитування Statista вказує, що 45% споживачів у країнах ЄС під час вибору іноземних товарів віддають перевагу екологічно чистій продукції. Це спричиняє необхідність адаптації для підприємств, орієнтованих на експорт.

До управлінських чинників відносяться якість управління (мається на увазі ефективність у прийнятті рішень, координація усіх процесів), технологічне оснащення (автоматизація знижує ризики і витрати). Згідно з McKinsey & Company, компанії, що інвестують у цифрові технології, зокрема в автоматизацію процесів та обмін даними, скорочують витрати на логістику в середньому на 10-15% та зменшують час доставки на 20-25% [3].

Для держави співпраця вітчизняних товаровиробників з іноземними контрагентами може мати й негативні сторони. Зокрема, економіка може стати залежною від іноземних інвестицій, що створює ризики в разі втрати цих інвесторів. Може відбуватись витік капіталу, бо частина прибутку, створеного спільно з іноземними партнерами, може виводитися за кордон у вигляді дивідендів. Також доступ іноземних компаній може збільшити конкуренцію на внутрішньому ринку, що негативно впливатиме на малі місцеві підприємства.

Якщо казати про ефект для держави, то співпраця вітчизняних товаровиробників з іноземними контрагентами позитивно впливає на економіку держави, сприяючи зростанню надходжень до бюджету, залученню іноземних інвестицій, розвитку інфраструктури та підвищенню конкурентоспроможності національних підприємств на світовому ринку. До переваг такої взаємодії можна віднести: збільшення надходжень до бюджету (збільшення

експорту сприяє зростанню надходжень у вигляді податків та мита, що позитивно впливає на економіку); залучення валюти (співпраця з іноземними партнерами призводить до збільшення валютних надходжень, що може стабілізувати національну валюту); створення робочих місць (залучення іноземного капіталу сприяє розвитку виробництва та збільшенню кількості робочих місць).

Література

1. Міжнародна економіка: підручник / В.Г. Герасимчук, С.В. Войтко, Б.С. Серебренніков, Т.В. Сакалош; за ред. В.Г. Герасимчука, С.В. Войтка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 532 с.
2. Електронний ресурс: Центр економічної стратегії – <https://ces.org.ua/>
3. <https://financenewsday.com.ua/eksport-ta-import-ukrayiny-u-pershomu-pivrichchi-2024-roku-detalnyj-analiz-klyuchovyh-tendentsij/>

УДК 656.13

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ РЯТУВАЛЬНИХ РОБОТАХ

FEATURES OF TRANSPORTATION DURING RESCUE OPERATIONS

Юрій Осташук, Любов Осташук, Микола Осташук

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007,
Автомобільно-дорожній фаховий коледж
Національного університету "Львівська політехніка",
вул. вул. Личаківська, 2, м. Львів, 79008,
Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013*

The logistical process of delivery during rescue operations is considered. The proposed use of modern technologies will allow the creation of adaptive logistics systems that quickly respond to changing conditions.

Перевезення під час рятувальних операцій є ключовим аспектом логістичного забезпечення надзвичайних ситуацій. Особливістю таких перевезень є необхідність високої оперативності, безпеки та ефективності в умовах нестандартних ситуацій. Логістика перевезень при рятувальних роботах охоплює не лише традиційні етапи доставки, але й включає ризики, специфічні для кожного виду вантажу та умов виконання [1].

Перевезення вантажів під час рятувальних робіт відіграє важливу роль у забезпеченні успішного проведення операцій з порятунку людей та надання першої допомоги. Логістичний процес доставки під час рятувальних робіт включає декілька етапів: визначення необхідних вантажів (медикаменти, техніка, рятувальне обладнання), планування маршрутів, управління часом доставки та контроль за безпекою вантажу й транспорту.

Основні виклики, що виникають під час перевезень у межах рятувальних робіт:

– Транспортні ризики. Перевезення може здійснюватися в умовах пошкоджених доріг, заторів, порушень роботи інфраструктури. Це значно ускладнює логістичне планування, потребуючи швидкої адаптації маршрутів та транспорту.

– Нестандартні логістичні умови. Рятувальні операції часто проходять в екстремальних умовах, де стандартні логістичні схеми не підходять, тому необхідне використання спеціалізованих транспортних засобів, таких як високопрохідні автомобілі, вертольоти, судна, а також організація мультимодальних перевезень.

– Оперативність і ефективність доставки. Під час рятувальних робіт кожна хвилина на рахунок, тому важливе своєчасне та ефективне постачання матеріалів, техніки та персоналу. У цьому контексті логістика повинна бути гнучкою, з можливістю оперативної корекції маршрутів у реальному часі.

– Безпека вантажу та транспорту. В умовах надзвичайних ситуацій ризику аварій та пошкоджень транспорту збільшуються, тому вкрай важливо передбачити можливість моніторингу стану транспорту, наявність страхування вантажів, а також організацію супроводу спецслужб.

Для управління логістикою таких перевезень важливо враховувати низку ризиків:

– Технологічні ризики. Використання нестандартних маршрутів і спеціалізованого транспорту потребує адаптації технологічних процесів і оцінки потенційних проблем на маршруті.

– Екологічні та соціальні ризики. Перевезення небезпечних вантажів, таких як вибухові або токсичні матеріали, потребує суворого контролю за дотриманням екологічних норм і безпеки громадян.

– Економічні ризики. Збільшення витрат на логістичне забезпечення рятувальних робіт, враховуючи обмеження в ресурсах та підвищені витрати на спеціалізований транспорт.

Використання моделювання [2] технічних систем для управління і оптимізації перевезень, сучасних методів прогнозування, штучного інтелекту та систем моніторингу для оцінки ризиків дозволяє значно підвищити ефективність перевезень при рятувальних роботах. Наприклад, системи, що здатні автоматично коригувати маршрути доставки та передбачати можливі ускладнення на основі даних про поточну ситуацію, дозволяють знизити час реагування і підвищити успішність операцій.

Сучасні технології дозволяють створювати адаптивні логістичні системи, які швидко реагують на зміни умов, що особливо важливо для забезпечення безпеки та ефективності в надзвичайних ситуаціях.

Література

1. Berger, B., *Disaster Logistics: A review of transport and logistics issues in disaster relief*, *Journal of Business Logistics*, 2007, – S. 58-64.

2. Гудз Г.С. Дослідження впливу умов теплообміну на розподіл теплових потоків у парах тертя дискових гальм / Гудз Г.С., Остапчук М.М., Тарапон О.Г. // 36. наук. пр. Інституту проблем моделювання в енергетиці НАНУ: Моделювання та інформаційні технології.- Київ, 2003, вип. 22.- С.20-28..

УДК 656.2

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА РАХУНОК АНАЛІЗУ ПАСАЖИРОПОТОКУ

INCREASING THE EFFICIENCY OF ROLLING STOCK USE THROUGH PASSENGER FLOW ANALYSIS

Олег Возняк, Павло Бандрівський

Національний університет «Львівська політехніка»
12, вулиця С.Бандери, Львів, 79013, Україна

Constant changes in transportation conditions, as well as increasing passenger demands, force the carrier to take constant measures to improve the transportation process. In conditions of limited available resources and means, it is necessary to strive to maximize the efficiency of using the existing infrastructure and minimize operating costs. Collecting data on passenger traffic and passenger behavior is a mandatory step for improving the provided transport services and modernizing the infrastructure according to existing needs.

Розвиток приміських пасажирських перевезень залізничним транспортом нерозривно пов'язаний з підвищенням комфорту та швидкості перевезень, зменшенням часу очікування пасажирів в пункті відправлення, а також вибором оптимального графіка руху поїздів, який повинен задовольнити підвищений попит на перевезення в пікові години, а також взаємодіяти з іншими видами транспорту. Покращення роботи приміського транспорту в сучасних умовах вимагає модернізації та оновлення інфраструктури, використання нового комфортного рухомого складу, а також потребує запровадження сучасних інформаційно-обчислювальних систем. Саме інформування пасажирів в місцях посадки, висадки, а також впродовж подорожі забезпечує зв'язок з користувачами транспортних послуг, а також дозволяє покращити розподіл власного часу пасажиром і дає змогу швидко реагувати на зміни в розкладі чи маршруті.

Питання удосконалення рухомого складу залишається невирішеним впродовж багатьох останніх років, згідно даних державної служби статистики України [1] станом на 2023 рік тільки 5,7% пасажирських вагонів перебувають в експлуатації до 8 років. Розподіл пасажирських вагонів за роками експлуатації наведено на рисунку 1.

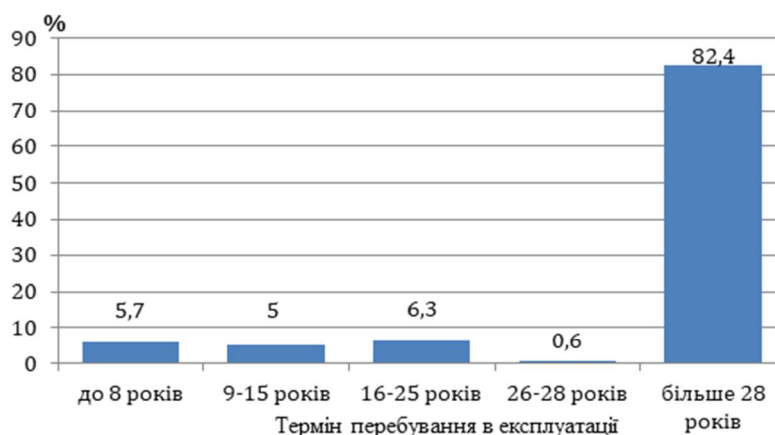


Рис.1. Розподіл пасажирських вагонів за роками експлуатації станом на 2023рік

Вирішення проблем з оновленням та виробництвом рухомого складу займе значний проміжок часу, тому на даний момент необхідно оптимізувати використання наявного рухомого складу. Виходячи з досліджень проведених у статтях [2,3] для зменшення експлуатаційних витрат та ефективного розподілу рухомого складу і забезпечення перевезення наявного пасажиропотоку необхідно організувати моніторинг заселеності рухомого складу під час слідування. У праці [2] здійснено моніторинг заселеності приміського поїзда Мукачево – Львів, складом 8 вагонів (рисунк 2). У статті [3] проведено аналіз заселеності рухомого складу на ділянці Львів – Самбір – Сянки в обох напрямках (рисунки 3,4). Проведення постійного аналізу пасажиропотоків, а також отримання даних щодо заселеності рухомого складу дозволяє ефективно розпоряджатися обмеженими ресурсами, удосконалити композицію рухомого складу, а також оптимізувати розклад руху з урахуванням потреб пасажирів, мінімізуючи витрати перевізника. На жаль дослідження [2,3] були точковими і тільки вказують на наявність проблеми неефективного використання рухомого складу. Результати постійного оновлення даних щодо пасажиропотоку наведені у статтях [4,5]. Для дослідження були обрані великі міста-мільйонники з постійною зміною умов функціонування та великою кількістю зупинкових пунктів та станцій. Завдяки наявним засобам автоматичного відстеження пасажиропотоків у місцях посадки та висадки, а також можливості оцінки заселеності рухомого складу в режимі реального часу здійснено удосконалення розкладу руху на досліджуваних ділянках та відкореговано інтервали слідування рухомого складу. Крім цього у роботі [5] за допомогою додаткової математичної обробки наявної бази даних фільтром Калмана вдалося створити прогноз обсягів попиту на перевезення, точність якого в подальшому становила не менше 96%.

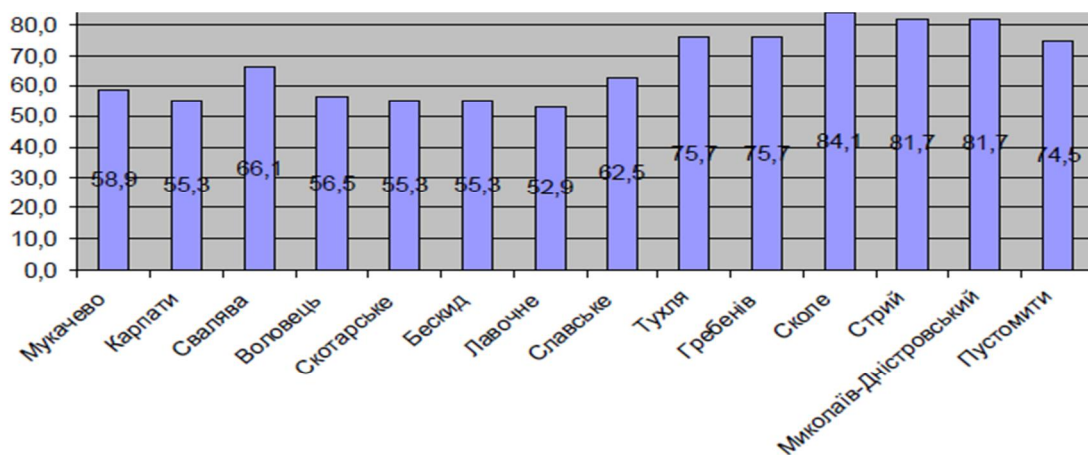


Рис.2. Заселеність рухомого складу на ділянці Мукачево – Львів[2]

Львів	70/90
Скнилів	73/93
Оброшино-Містки	75/95
Любень-Великий-Поріччя	70/90
Комарно-з.п.39	60/80
Рудки-63км	55/75
Самбір-Созань	50/70
Старий Самбір - з.п.Лужок	40/60
Стрілки - Явора	37/57
Турка - з.п. Беньове	до 40%
Сянки	до 40%
100%	
Понеділок - четвер, субота-неділя(в чисельнику)	
П'ятниця(в знаменнику)	

Рис.3. Заселеність рухомого складу на ділянці Львів – Самбір – Сянки [3]

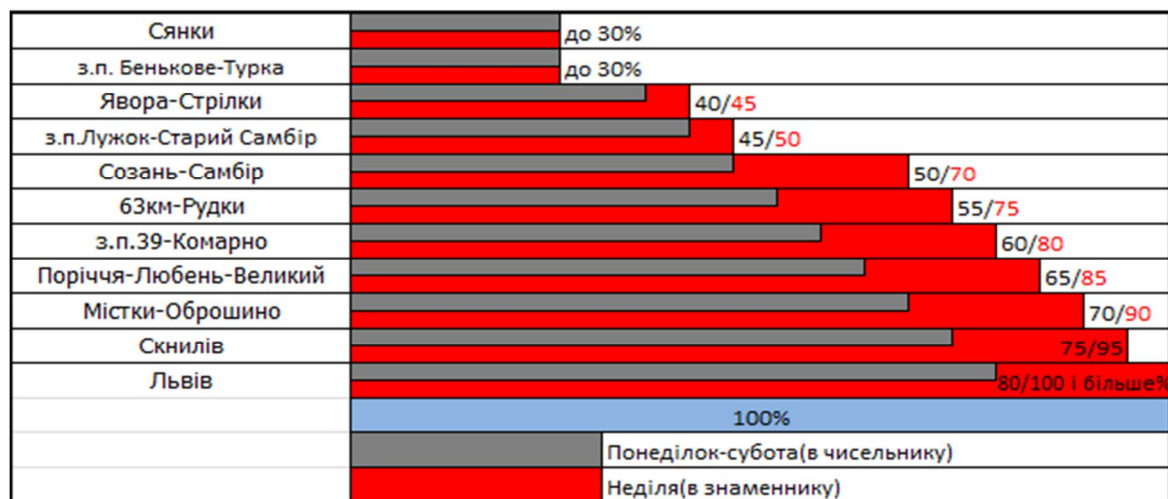


Рис.4. Заселеність рухомого складу на ділянці Сянки – Самбір – Львів [3]

Для прогнозування поведінки та розподілу пасажиропотоку необхідно впровадити значну кількість взаємопов'язаних автоматизованих систем, які мають можливість швидко збирати та аналізувати дані з різних джерел інформації. Процес формування бази даних є доволі тривалий, оскільки вимагає широкої вибірки та є дороговартісним, тому на першому етапі достатньо обмежитися інформацією про пасажирів, їх вподобання, пункти відправлення та призначення для приблизної оцінки кількості користувачів та виділення станцій зародження та згасання пасажиропотоків.

На даний час резерви та можливості приміських залізничних перевезень є вкрай обмежені, тому необхідно забезпечити комфортні та ефективні перевезення в умовах, коли рухомий склад застарілий або його недостатньо. Аналіз досліджень показав що в багатьох випадках заселеність рухомого складу низька або різко зменшується під час перевезення пасажирів, а це свідчить про неефективне його використання, а також додаткові експлуатаційні витрати. Досвід інших країн показує, що впровадження автоматизованих систем моніторингу та аналізу пасажиропотоку є тривалим та дорогим процесом, проте дає можливість ефективного використання транспортних засобів, елементів інфраструктури, покращує відгуки пасажирів про користування транспортом, а також дозволяє здійснювати точні прогнози на тривалі проміжки часу. На першому етапі такого впровадження на залізницях України пропонується проводити систематичний збір інформації про пасажирів, їх вимог та вподобань під час поїздки, а також пунктів відправлення та призначення.

Література

1. Державна служба статистики. [Інтернет ресурс]. Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. Borsuk, Yu. (2020). *Ekonomiko-geohrafichna kharakterystyka prymiskoho zaliznychnoho transportu v umovakh zbytkovosti (na prykladi Lvivskoi oblasti)* [Economic and geographical characteristics of suburban railway transport in terms of losses (on the example of Lviv region)]. *Ekonomichni ta sotsialni innovatsii yak faktor rozvytku ekonomiky: zb. mater. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (m. Zaporizhzhia, 27 chervnia 2020 roku)*. Zaporizhzhia, 34-40 [in Ukrainian].
3. Voznyak O., Bandrivskiy P. Analysis of the efficiency of suburban passenger transportation on the Lviv railway sections. *Transport technologies*. 2024. Vol.5 2024, no. 2. P. 42–52.
4. Warg J., Ait-Ali A., Eliasson J. Assessment of Commuter Train Timetables Including Transfers. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 37. P. 11–18.
5. Li X. Research on passenger flow forecast of Urban Rail Transit. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 213. P. 03026. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021303026>.

УДК 656.135.073

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF HUMAN RESOURCES IN TRANSPORT AND FORWARDING ENTERPRISES ON THE EFFICIENCY OF FOREIGN TRADE OPERATIONS

Євгеній Лебідь

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

The paper studies the performance indicators of a sales manager for transport and forwarding services and forwarders when working with customers. The time and quantitative indicators of the work of specialists in organizing international road transportation are analyzed.

Ефективна організація роботи транспортно-експедиторських підприємств залежить від обраної стратегії управління кадровим забезпеченням підприємства та кількості запитів від замовників, що надходять у певні періоди часу. Власником або топ-менеджментом підприємства формуються профільні відділи з урахуванням попиту на послуги та можливістю фахівців обслуговувати замовників у найкоротші терміни [1]. Погодженість дій роботи менеджерів з продажів транспортно-експедиторських послуг (табл. 1) та експедиторів (табл. 2) дозволить забезпечити мінімальні черги очікування на обслуговування та визначити оптимальну кількість фахівців для роботи у профільному відділі.

Таблиця 1

Показники роботи менеджера з продажів транспортно-експедиторських послуг

Умовна назва	Опис	Норма часу, хв	Навантаження на день	Витрачено часу, хв
Здійснених дзвінків	Загальна кількість набраних номерів, вивчення підприємства і пошуку телефона	6	42	252
Не беруть слухавку	Кількість контактів, які не брали слухавку	0,5	14	7
Якісних дзвінків	Дзвінок, який триває більше 45 сек.	3	15	45
Неякісних дзвінків	Дзвінок, який триває менше 45 сек.	0,2	13	2,6
Клієнт в базі підприємства	Внесення картки клієнта в базу підприємства, якщо у потенційного клієнта від 5 замовлень в місяць (назва підприємства, контактна особа, її телефон, об'єм перевезень за місяць, статус підприємства, напрямок перевезень)	7	1	0
Запити на прорахунок вартості послуг	Відправлений запит в відділ експедирування	7	1	7
Відправлених комерційних пропозицій	Відправлена комерційна пропозиція	5	4	20
Укладені договори	Укладений договір про співпрацю	30	0	0
Заявок у роботі	Відправлений заявка в відділ експедирування	20	0	0
Звіт в кінці дня	Внесення інформації в файл навантаження	10		10

Таблиця 2

Показники роботи експедитора

Умовна назва	Опис	Норма часу, хв	Навантаження на день	Витрачено часу, хв
Здійснених дзвінків	Загальна кількість набраних та прийнятих дзвінків	1	47	47
Не беруть слухавку	Кількість контактів, які не брали слухавку	0,1	12	1,2
Якісних дзвінків	Дзвінок, який триває більше 45 с	3	29	87
Неякісних дзвінків	Дзвінок, який триває менше 45 с	1	6	6
Перевізників в системі звітності	Внесення картки перевізника в базу даних	6	9	54
Запити на прорахунок вартості послуг	Зроблено запитів на розрахунок	35	3	105
Укладені договори	Укладено договорів з перевізником	20	1	20
Заявок у роботі	Реалізовано заявок від замовника	45	1	45

При цьому слід враховувати досвід роботи фахівців, оскільки, даний чинник впливає як на якість, так і тривалість надання послуги. Відсутність стійких навичок у роботі працівника може впливати на імовірність виникнення помилок в обслуговуванні, що потребуватиме додаткової витрати часу для вирішення питання силами даного фахівця або залучення більш досвідченого менеджера з даного відділу. В будь якому випадку, час на повторне обслуговування замовлення створюватиме затримки в роботі з замовниками, що перебувають у черзі або в процесі надання послуг. Тому, доцільним з боку керівництва підприємства є постійний моніторинг таких показників як: тривалість транспортно-експедиторського обслуговування для заданого маршруту перевезення; тривалість очікування у черзі на транспортно-експедиторське обслуговування; частка заявок, що обслужені без простою в черзі; надійність надання транспортно-експедиторських послуг; коефіцієнт завантаження експедиторів. Це дозволить здійснювати планування роботи відділу та враховувати потік замовлень, що забезпечується відділом продажів підприємства. Оскільки, налагоджена співпраця з замовниками повинна бути підтверджена фактом надання послуги для подальшого формування позитивної репутації транспортно-експедиторського підприємства і перехід його до категорії постійних замовників [2].

Загалом, усі відділи підприємства потребують погодженості дій, проте, для забезпечення ефективного обслуговування замовників слід організовувати роботу відділу продажів та експедиторського відділу з урахуванням поточних потреб споживачів та перспектив зміни попиту.

Література

1. Lebid, Ie., Luzhanska, N., Lebid, I., Mazurenko, A., Roi, M., Medvediev, I., Sotnikova, T., Hrevtsov, S. (2023). Development of a simulation model of the activities of a transport and forwarding enterprise in the organization of international road cargo transportation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (126)), 6–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.291039>
2. Lebid, I., Luzhanska, N., Lebid, I., Mazurenko, A., Halona, I., Kovtsur, K., Yarmak, T., Sotnikova, T., Medvediev, I. (2024). Selecting a transport and forwarding company for meeting a customer's needs when organizing international road cargo transportation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (3 (129)), 55–66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.305238>

УДК 656.13

РОЗРОБЛЕННЯ І КОНТРОЛЬ АКТИВНОГО РОЗКЛАДУ РОБОТИ БРИГАДИ ВОДІЇВ НА МІЖМІСЬКИХ МАРШРУТАХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

DEVELOPMENT AND CONTROL OF THE ACTIVE WORK SCHEDULE OF A CREW OF
DRIVERS ON INTERCITY ROAD FREIGHT TRANSPORTATION ROUTES

Мирослав Оліскевич, Назар Хомин

*Національний транспортний університет
вул. Омеляновича-Павленка, 1, Київ, 02000*

The research is devoted to the problem of effective use of rolling stock in the performance of road freight transportation in intercity traffic. It is proposed to increase efficiency by reducing the total duration of order fulfillment and the duration of forced downtime associated with the work and rest regimes of drivers.

Збільшення вантажопотоків, які обслуговуються автомобільним транспортом приводить до необхідності збільшення інтенсивності використання наявного парку вантажних транспортних засобів. Однак, цього неможливо зробити без перегляду організації праці водіїв з врахуванням норм тривалості їх роботи та відпочинку [1]. Більшість сучасних перевізників дотримуються правила «закріплення» водіїв за конкретним транспортним засобом. А у тих випадках, коли застосовуються зміни водіїв, то вони відбуваються безвідносно маршрутів, на які заплановано поїздки. Метод змінної їзди має також обмежене застосування і не завжди є ефективним. По-перше, забезпечити зміну водіїв можна, зазвичай, тільки в населеному пункті, де розташований парк вантажівок. По-друге, загострюється необхідність узгодити тривалість руху і допустиму тривалість зміни водія. По-третє, необхідно синхронізувати роботу різних змін водіїв/екіпажів. У зв'язку з цим актуальним є узгодження регламентованих Європейською угодою 561/2006 режимів праці і відпочинку водіїв та множини транспортних завдань, які виконує парк вантажних автопоїздів.

Метою наших досліджень було удосконалити методику розв'язання модифікованої комплексної задачі складання розкладів використання автомобілів, та роботи водіїв (DRSP), в якій передбачено змінний метод керування водіїв вантажівками на міжміських маршрутах із застосуванням різних варіантів розкладів згідно з Європейською угодою про роботу екіпажів транспортних засобів (ЄУТР). Для досягнення такої мети сформульовано і вирішено такі завдання. 1. Розробити методику маршрутизації групи автомобілів при наявності циклів. 2. Розробити методику побудови активного щільного розкладу роботи вантажівок із застосуванням задачі пакування контейнерів. 3. Використовуючи тестові моделі, виконати перевірку ефективності запропонованого алгоритму.

Типова виробнича задача, яка виникає і оперативно вирішується диспетчерськими службами автомобільних перевізників має, як правило, такий зміст. Дано n замовлень $J = \{J_1, \dots, J_x, \dots, J_n\}$, які потрібно виконати на k однакових вантажівках $M = \{M_1, M_2, \dots, M_k\}$. Виконання кожного замовлення $J_x \in J$ включає $n_x \geq 1$ поїздок з вантажем, тривалість кожної з яких t_{Jx} є відомою і, з певним наближенням, сталою. Оскільки фактична вантажомісткість кожної вантажівки є однаковою і відомою, а також відомим є обсяг перевезень по кожному замовленню, то і кількість поїздок з вантажем для кожного замовлення з множини J є величиною сталою. Разом з цим неможливо уникнути виконання ще $p_x \geq 0$ поїздок без вантажу для кожного

замовлення $J_x \in J$. Тривалість поїздок без вантажу, їх кількість залежить як від кількості задіяних автомобілів, так і від конфігурації запланованих маршрутів. У попередніх дослідженнях нами досягнуто задовільного результату пошуку оптимальних маршрутів для декількох транспортних засобів, які водночас виконують множину транспортних завдань на єдиній транспортній мережі [2]. Будь-яку вантажівку з множини M можна використати для будь-якого замовлення з однаковою ефективністю. Також перевізник може задіяти таку кількість автомобілів, яка дасть змогу отримати найкращий результат перевезень. Оскільки замовлення може складатись з декількох поїздок з вантажем і марних їздок, то тривалістю виконання кожного замовлення J_x вважатимемо час від початку виконання усього проекту до моменту завершення останньої поїздки і повернення вантажівки в депо:

$$T_{J_i} = \max_{n_x} \{t_{n_x}^e\}, \quad (1)$$

де $t_{n_x}^e$ – момент завершення виконання n поїздки по замовленню J_x . Бажана тривалість виконання усього проекту (усіх J замовлень) визначається його мінімальною тривалістю:

$$T_J = \max_x \{T_{J_x}\} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Слід зазначити, що тривалість виконання усього проекту передбачає не тільки поїздки з вантажем і марні поїздки, але й вимушені простої вантажного транспорту, які пов'язані з операціями навантаження і розвантаження, а також із щозмінним і міжзмінним відпочинком водіїв, які обумовлені правилами 561/2010. Для того, щоб скоротити непродуктивні простої вантажівок під час відпочинку водіїв, перевізники застосовують метод змінної роботи. Згідно з цим методом, водій, який за розкладом має розпочати щозмінний/міжзмінний відпочинок, замість паркування автомобіля передає його іншому водієві, який готовий розпочати нову зміну. Якщо зміна водія є недопрацьована, то це не береться до уваги, оскільки водії можуть бути залучені до процесу перевезень, як тільки відпочинуть належний час. Відпочинок і передача транспортного засобу водія своєму напарнику може відбуватись тільки в парку автомобілів. Таким чином, основна задача диспетчерського контролю парком автомобілів M і бригадою водіїв полягає у тому, щоб для кожного транспортного засобу з множини M , який залучено до виконання замовлень, скласти розклад його виконання за критерієм (2).

Для відображення процесу виконання сукупності замовлень на транспортній мережі застосовано методологію впорядкування змішаних графів [2]. В задачі потрібно побудувати розклад виконання замовлень J на перевезення, тобто для кожної поїздки $n_{i,j}$, між пунктами $g_i, g_j \in G_1$ вказати момент її початку t_i^b , або момент закінчення t_j^e , а також номер вантажівки M_k , яка цю поїздку повинна виконати. Також потрібно вказати місце, тривалість і причину зупинки транспортного засобу (навантаження, розвантаження, відпочинок водія). Оптимальним вважається розклад для якого виконується критерій (2). Запропонований алгоритм базується на методі «гілок і меж» [3]. Для цього відомий алгоритм побудови оптимального розкладу адаптовано до умов поставленої нами задачі.

Розроблений алгоритм було застосовано для тестової моделі. Початкові дані були взяті з оперативної інформації транспортного підприємства. Підприємство здійснює міжміські вантажні перевезення і має у своєму розпорядженні 5 вантажних автопоїздів номінальною вантажністю 20 т. Транспортну мережу, де перевізник виконує замовлення з перевезення вантажів, дано оцінку середньої тривалості руху по ділянках маршруту і фрагменти вантажопотоків. Приклад початкової неупорядкованої моделі замовлень був таким, що потрібно здійснити такі поїздки з вантажами: $n_{1,3}$ – 2 поїздки; $n_{2,4}$ – 4 поїздки; $n_{3,5}$ – 3 поїздки; $n_{5,2}$ – 1 поїздка. На підприємстві не застосовується змінний метод керування. Водії закріплені за кожним з п'яти вантажівок персонально. Міжзмінний відпочинок здійснюється водіями лише в депо. Було виконано моделювання та оптимізовано розклади роботи водіїв при застосуванні до

вказаних замовлень 2, 3 та 4 вантажівок. Варіант з однією вантажівкою не застосовано, оскільки сумарна тривалість такого проекту перевищує 56 годин, тобто дозволений час роботи одного водія. Застосування 5 вантажівок не змінила розв'язку, отриманого при $M=4$. Згідно з алгоритмом невпорядкований змішаний граф був перетворений в граф без циклів. Приклад такого графа при $M=4$ подано на рис. 1. На графі відображено 3 маршрути. Якщо до умов виконання цих маршрутів додати необхідний час для вантажних робіт і час для зміни водіїв, то отримаємо розклад роботи водіїв, основні параметри якого подано в таблиці 1.

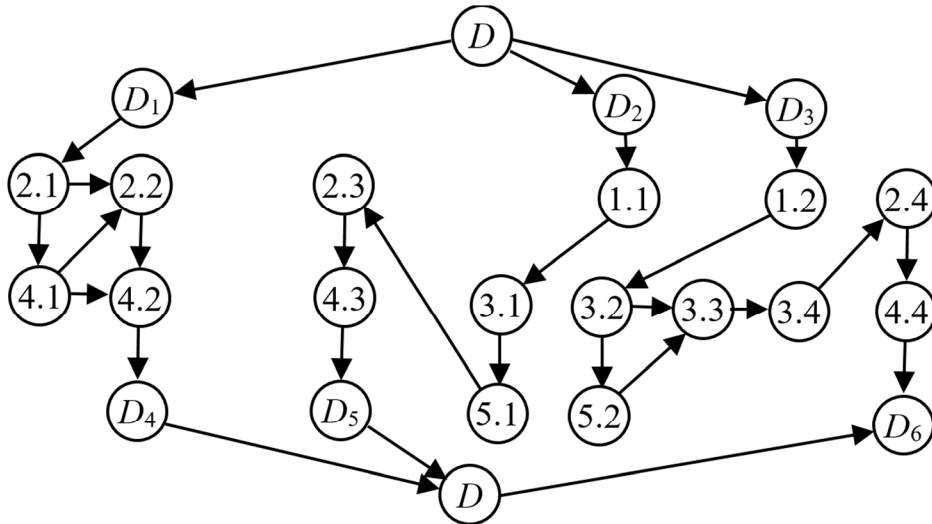


Рис. 1. Приклад впорядкованого графа, початкового для побудови розкладу роботи трьох автомобілів

Таблиця 1

Результати побудови активного розкладу роботи водіїв

Кількість автомобілів	Кількість водіїв (змінний метод)	Загальна тривалість проекту, змінний метод / без змін, год.	Маршрути	Тривалість руху, год.	Тривалість роботи водіїв, змінний метод / без змін, год.	Тривалість простою, змінний метод / без змін, годин
2	4	47/56	D-1-3-5-2-4-2-4-D	34	42/54	8/20
			D-1-3-5-3-5-2-4-2-4-D	36	47/56	11/20
3	6	32/52	D-2-4-2-4-D	20	24/35	4/15
			D-1-3-5-2-4-D	22	28/52	6/30
			D-1-3-5-3-5-2-4-D	28	32/-	4/-
4	8	34/-	D-1-3-5-2-4-D	28	34/-	6/-
			D-2-4-D	10	12/21	2/11
			D-1-3-5-2-4-D	22	28/-	6/-
			D-2-4-D	10	12/21	2/11

Моделювання виконано як із застосуванням, так і без застосування змінного методу. З результатів застосування алгоритму видно, що змінний метод роботи водіїв має переваги перед методом одиничної поїздки, які проявляються в значному скороченні простоїв вантажівок. Тривалість вимушеного простою при застосуванні змінного методу не перевищує 30,6% від тривалості руху вантажівки (36 годин) і 23,4% від тривалості роботи водіїв. Коли ж змінний метод не застосовується, то простой транспорту перевищують тривалість руху в 1,4 рази. Застосування алгоритму оптимізації розкладу роботи водіїв, загалом, дало змогу скоротити

необхідну кількість вантажівок для виконання сукупності замовлень за рахунок зменшення тривалості проекту в цілому і тривалості вимушених простоїв транспортних засобів.

Література

1. Benus J., Demirci E. Regulation (EC) No 561/2006-review of the adopted changes on 15 July 2020. *Archiwum Motoryzacji*. 2020, 90(4), P 59-73.
2. Oliskevych M. Optimization of periodic unitary online schedule of transport tasks of highway road trains. *Transport problems*, 2018, 13. P.11-122.
3. Sotskov Y., Gholami O. Mixed graph model and algorithms for parallel-machine job-shop scheduling problems. *International Journal of Production Research*, 2017, 55.6: P.1549-1564.

УДК 656.13

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОПОЇЗДІВ ДЛЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

ENERGY EFFICIENCY OF ROAD TRAINS FOR INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORTATION

Ігор Вікович, Всеволод Приходько, Андрій Скрицький

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

An original approach to modeling and statistical evaluation of parameters characterizing the energy efficiency control of modern Volvo FM and Freightliner Cascadia road trains for international freight transportation with Volvo D13 and Detroit DD15 diesel engines is proposed.

Нами запропоновано статистичне оцінювання ефективності сучасних автопоїздів Volvo FM і Freightliner Cascadia для міжнародних вантажних перевезень, яке ґрунтується на виявленні та визначенні ступенів впливу окремих чинників, які можуть бути використані для уточнення визначення ефективності міжнародних перевезень вантажів сучасними універсальними автопоїздами.

Відзначено, що на сьогодні немає комплексного підходу щодо енергетичної оцінки ефективності сучасних автопоїздів, які здійснюють міжнародні перевезення вантажів.

Найскладнішим і найважливішим агрегатом, від стану якого залежать багато технічних і економічних показників функціонування автопоїздів, є двигун та трансмісія.

Детерміновані математичні моделі дизельних двигунів автопоїздів як джерела механічної енергії базуються на системах диференціальних рівнянь, що враховують термодинамічні, механічні та гідравлічні процеси [1].

Математична модель двигуна як джерела механічної енергії має такий загальний вигляд [1]:

$$[(d\omega)]_e/dt=f_1(M_e, M_{mp}) ; \quad (1)$$

$$[(dg)]_e/dt=f_2(M_e, M_{mp}) , \quad (2)$$

де M_e – ефективний крутний момент від газів двигуна, що є функцією кутової швидкості валу, подачі палива та часу; M_{mp} – момент опору трансмісії, що не залежить від роботи двигуна.

Для дослідження динаміки руху автопоїзда можна застосувати таку математичну модель:

$$J_d \frac{d\omega}{dt} = M_e - M_m \quad (3)$$

де J_d – зведений момент інерції двигуна [1].

Детерміновані математичні моделі дизельних двигунів автопоїздів як джерела механічної енергії базуються на системах диференціальних рівнянь, що враховують термодинамічні, механічні та гідравлічні процеси.

Однак, диференціальні рівняння, які наведені в [1] тільки задовільно описують якісну картину характеристик розв'язків диференціальних рівнянь є недостатніми для визначення ефективності функціонування системи «двигун-трансмсія».

Функціонування системи «двигун-трансмсія» дизельного автопоїзда можна також характеризувати випадковими процесами (наприклад, випадкові коливання крутного моменту, швидкості, навантаження), записавши інтегральні рівняння випадкових процесів у вигляді лінійних інтегро-диференціальних рівнянь Фредгольма та Вольтерри, або застосовувати імітаційні моделі в середовищах типу MATLAB Simulink, які інтегрують динамічні рівняння двигуна, трансмісії та зовнішні дорожні умови.

Серед відомих системно описаних підходів для оцінювання автомобілів та автопоїздів для виконання міжнародних вантажних перевезень застосовують підходи що відповідають критеріям енергоефективності [2, 3, 5, 6, 7, 8], які засновані на принципах теорії енергоресурсної ефективності автопоїздів і, які тільки частково визначають енергоефективність автопоїздів.

У роботах [5, 7, 9, 11] з логістичної багатокритеріальної оптимізації вантажних перевезень автомобільним транспортом застосовувались вагові коефіцієнти для оцінки різних окремих чинників, що стосуються: вибору транспорту, витрати палива, оптимізації маршрутів, часу постачання вантажів, надійності перевезень, вдосконалення процесу планування перевезення вантажів тощо.

Нами для аналізу впливу чинників енергоефективності системи «дизельний двигун – трансмісія» і вибору сучасних автопоїздів для міжнародних вантажних автомобільних перевезень визначено інтегральний показник ефективності на основі статистичного методу аналітичної ієрархії (MAI) Т. Сааті [10].

За нашими розрахунками інтегрального показника ефективності, Freightliner Cascadia має дещо вищу ефективність системи "двигун – трансмісія" ніж Volvo FM.

На підставі цих результатів зроблено висновок про те, що за інтегральним показником ефективності, розрахованим на основі такої моделі та даних про два тягачі, Автопоїзд Freightliner Cascadia має дещо вищу ефективність системи «двигун – трансмісія».

Література

1. *Теорія руху транспортних засобів [Текст] : підручник / І. А. Вікович. – Л. – Л. : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 671 с.*
2. Hassan Moussa Nahim, Rafic Younes, Chadi Nohra, Mustapha Ouladsine. Complete Modeling for Systems of a Marine Diesel Engine. *Journal of Marine Science and Application*, 2015, 14(01): 93-104.
3. Хабутдинов Р. А. Системное формирование технологий автомобильных перевозок по критериям энерго- и ресурсоотдачи : дис. докт. техн. наук: 05.22.01. Киев, 2003. 332 с.
3. Гальона І. І. Підвищення енергоефективності перевезень дрібних партій вантажів в рамках життєвого циклу автомобіля. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 «Транспортні системи» (275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)) – Національний транспортний університет, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2021.
4. О.О. Соларьов, О.В. Таценко, Т.П. Волошко Критерії вибору транспортних засобів для перевезення вантажів Ю / Комунальне господарство міст, 2022, том 6, випуск 173 – с. 189-194.

5. Критерії вибору великогазових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень / В. В. Аулін, О. М. Тертиця, Т. М. Надич [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 10(41). – Ч. 2. – С. 169-187
6. Аналіз показників енергетичної ефективності багатовісних автомобілів та багатоланкових автопоїздів / М. А. Подригало, Р. О. Кайдалов, М. М. Альокса, В. І. Омеляченко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2023. – № 1. – С. 40-46.
7. Гацук П. М. Енергетична ефективність автомобіля / П. М. Гацук. – Львів: СВІТ, 1992. – 208 с.
8. Saaty T. L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York : McGraw-Hill International Book Co., 1980. 287 p.
9. Проблеми організації, управління та підвищення ефективності транспортних перевезень / за ред. Л. М. Савчук, Г. С. Прокудіна: Монографія. – Дніпро: Пороги, 2021. – 300 с.

УДК 656.02

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИТРАТ
НА ВИКОНАННЯ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖУ
З ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ**

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR DETERMINING THE TOTAL COSTS OF
INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATION USING THE THEORY
OF PLANNING THE EXPERIMENT**

Світлана Шарай, Ганна Бабчук, Яна Бовкун

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

The paper studies the modeling of total costs for a round-trip international cargo delivery using the theory of planning the experiment. The developed model for determining total costs takes into account the influence of the studied factors on the resulting value.

Використання теорії планування експерименту для розробки математичної моделі розрахунку загальних витрат на виконання оборотного рейсу доставки вантажів у міжнародному сполученні передбачає створення моделі, якою враховується вплив різних факторів на розмір загальних витрат при різних умовах виконання перевезень, таких як застосування одиночної або турної їзди, використання у складі автопоїзду різних тягачів з метою скорочення витрат палива у структурі загальних витрат. Теорія планування експерименту передбачає отримання рівняння регресії, яке містить коефіцієнти регресії, значення яких показує найбільшу вагомість та значущість тих факторів, які обрані для дослідження їх впливу на результуючу величину [1].

Для вирішення задачі моделювання загальних витрат на виконання оборотного рейсу за допомогою теорії планування експерименту виконується формування плану експерименту, для чого необхідно визначити фактори, вплив яких на загальні витрати буде досліджуватись [2]. Найбільшу вагу в структурі загальних витрат на виконання оборотного рейсу при зміні

умов його виконання за рахунок заміни тягача у складі автопоїзду мають такі витрати як витрати на автомобільне паливо, витрати на мастильні матеріали та витрати на амортизаційні відрахування. В роботі досліджується вплив цих факторів на загальні витрати на виконання оборотного рейсу в міжнародному сполученні, який виконується автопоїздом у складі тягачів Volvo FH 12 та Volvo FH 12/380.

В табл. 1 наведений розподіл досліджуваних витрат у структурі загальних витрати на виконання оборотного рейсу при використанні різних тягачів у складі автопоїзду, розрахованих для конкретних умов його виконання та за розробленою моделлю.

Таблиця 1

Отримані значення

Стаття витрат	При використанні тягача Volvo FH 12 у складі автопоїзду		При використанні тягача Volvo FH 12/380 у складі автопоїзду		Розрахунок за розробленою моделлю	
	Величина витрати, грн	% у структурі загальних витрат	Величина витрати, грн	% у структурі загальних витрат	Величина витрати, грн	% у структурі загальних витрат
Автомобільне паливо	57234,0	47,30	48087,0	44,40	52660,5	44,61
Мастильні матеріали	5723,4	4,74	4808,7	4,43	5266,05	4,46
Амортизаційні відрахування	6697,1	5,53	5787,6	5,34	6242,35	5,29

На рис. 1 наведені результати розрахунків впливу досліджуваних факторів на загальні витрати на виконання оборотного рейсу, який визначений за допомогою коефіцієнтів отриманого рівняння регресії у розробленій моделі.

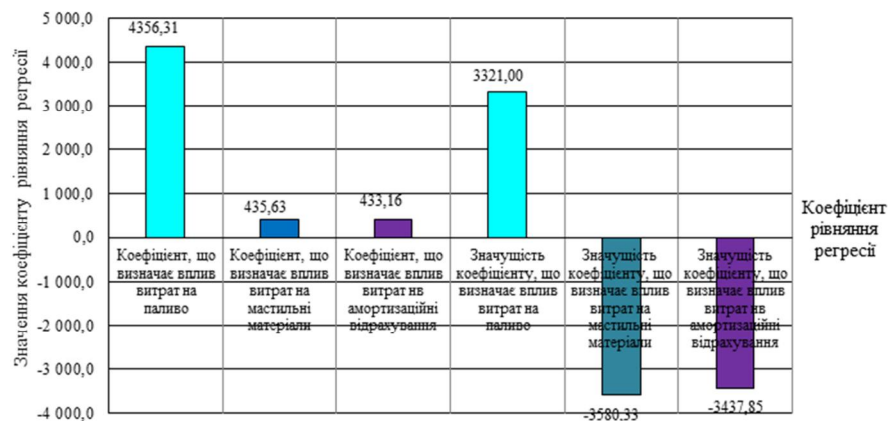


Рис. 1. Вагомість впливу досліджуваних факторів на загальні витрати на виконання оборотного рейсу за розробленою моделлю

В результаті моделювання загальних витрат на виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні з використанням теорії планування експерименту і розробки математичної моделі для їхнього розрахунку встановлено, що найбільшу вагомість має коефіцієнт регресії, який враховує вплив паливних витрат на розмір загальних витрат. Похибка розрахунку, яка становить 1,76 %, вказує на те, що визначення загальних витрат на виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні за розробленою з використанням теорії планування експерименту моделлю, є правомірним і може бути застосованим із

достатньою ймовірністю. Розрахунки економічних показників виконання оборотного рейсу за розробленою математичною моделлю показали, що похибка у їх розрахунках, порівняно із реальними даними, які відтворюють реальні умови виконання оборотного рейсу, невелика, тому розроблена модель для визначення загальних витрат може застосовуватись підприємством для практичного використання.

Література

1. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень: навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2016. – 260 с.
2. Шарай С.М., Гілевська К.Ю., Лебідь В.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Системний підхід до організації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні» для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)», спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» : для освітньо-професійної програми «Організація міжнародних перевезень» денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти. – Київ : НТУ, 2021. – 28 с. URL: http://lib.ntu.edu.ua/catalog/docs/international_transportation_and_customs_control/international_transportation_62_2021.pdf

УДК 656.025

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ НА ТРАНСПОРТНІ ПОСЛУГИ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ ТА РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

PATTERNS OF TRANSPORT SERVICE DEMAND FORMATION
AMID URBANIZATION AND DIGITAL TRANSFORMATION

Віктор Мироненко

ННІ Київський інститут залізничного транспорту Національного транспортного університету, вул. Івана Огієнка, 19, м. Київ, 03049

This paper looks into what drives people's need for transport in modern cities, especially as urban areas grow and technology changes how we travel. It considers economic, social, and digital influences that affect how and when people choose to move. The paper also reflects on how new tech-based services are shifting everyday transport habits.

У сучасних умовах активного розвитку міст і новітніх технологій зростає інтерес до вивчення того, як формується попит на транспортні послуги. Ця тема є особливо актуальною, оскільки від ефективності транспортної системи залежить не лише комфорт мешканців, а й економічна діяльність усього регіону. Метою даної роботи є розгляд ключових чинників, які впливають на попит на транспорт, а також визначення ролі урбанізації й цифрових технологій у цьому процесі.

Попит на транспортні послуги, як і будь-який інший вид попиту, визначається сукупністю факторів. Передусім, це соціально-економічне становище населення – чим вищий рівень доходів, тим більше поїздок здійснюється, зокрема з використанням комфорту або швидших видів транспорту. Сюди ж належать і зайнятість, структура економіки, темпи урбанізації, а також сезонні або денні коливання (більше пасажирів у години пік, у будні дні тощо) [1]. Жердев М.Д. та Мирошніченко Ю.В. зазначають, що одним із важливих чинників впливу є якість транспортного обслуговування – тобто зручність, швидкість, безпека, а також частота рейсів [1].

Зростання міст (урбанізація) призводить до того, що збільшується потреба в ефективному громадському транспорті. Через щільну забудову і збільшення кількості населення виникають затори, перевантаження маршрутів, потреба у нових рішеннях. У містах з розвиненим транспортом попит може бути спрямований не лише на традиційні автобуси або трамваї, а й на нові форми, як-от електросамокати, спільні велосипеди, електромобілі. Дослідження показують, що в урбанізованих регіонах ефективно поєднання різних видів транспорту дозволяє краще задовольняти попит на перевезення [2].

Останніми роками технології відіграють все важливішу роль у транспортній сфері. Сервіси Uber, Bolt, BlaBlaCar, мобільні додатки для відстеження транспорту, а також платформи типу «транспорт за вимогою» докорінно змінили поведінку споживачів. Замість очікування транспорту пасажирів хочуть планувати свою поїздку заздалегідь або викликати транспорт у зручний момент. Такі рішення, як Mobility-as-a-Service (MaaS), де різні види транспорту об'єднані в одну цифрову систему, стають дедалі популярнішими. У містах, де такі сервіси вже діють, попит на традиційний транспорт знижується, а користувачі віддають перевагу більш гнучким рішенням [3]. У місті Белвіль (Канада) після впровадження On-Demand Transit було зафіксовано зменшення часу очікування та збільшення задоволеності користувачів [4].

Цим дії більше нагадує сервіси типу таксі, ніж звичайні автобуси. Замість фіксованих маршрутів і розкладів, такі системи реагують на запити пасажирів у режимі реального часу. Замовити поїздку можна через мобільний застосунок, сайт або по телефону, після чого система автоматично коригує маршрут і графік руху залежно від поточних потреб.

У місті Белвіль (Канада) було запроваджено вечірній автобусний сервіс за запитом замість фіксованих маршрутів, і результати були досить помітними [4]. Нове рішення дозволило об'єднувати пасажирів із подібними напрямками поїздок, що сприяло оптимізації маршрутів. У результаті:

- час очікування зменшився до менш ніж 10 хвилин;
- попри зменшення кількості рейсів, рівень заповненості транспорту зріс;
- загальний рівень задоволеності пасажирів, особливо тих, хто мав обмежені можливості для пересування у вечірній час, також підвищився.

Ця модель поєднує переваги громадського транспорту з гнучкістю приватних поїздок. Вона особливо ефективна у вечірні години, у районах із низькою щільністю населення або там, де фіксовані маршрути недоцільні з економічної точки зору. Успішний приклад Белвілля надихнув інші малі та середні міста запроваджувати подібні системи для збереження доступності транспортних послуг при помірних витратах. Такий підхід демонструє перехід до моделі мобільності, яка підлаштовується під користувача, а не навпаки. У поєднанні з цифровими платформами та системами відстеження в реальному часі, транспорт за запитом стає ефективним інструментом підвищення доступності та якості перевезень.

Попит на транспортні послуги формується під впливом багатьох чинників – як економічних чи демографічних, так і тих, що пов'язані з розвитком міської інфраструктури та новітніх технологій. У міру того як міста зростають і цифрові сервіси проникають у повсякденне життя, змінюються й очікування людей щодо транспорту. Нові моделі, зокрема транспорт за запитом, показують, що більш гнучкі рішення здатні краще задовольняти сучасні потреби, ніж традиційні системи. Щоб не відставати від цих змін, транспортне планування має орієнтуватися на реальні поведінкові патерни, а не лише на застарілі схеми. У майбутньому ефективні транспортні системи будуть будуватись не за принципом зручності для інфраструктури, а з урахуванням того, як насправді пересуваються люди.

Література

1. Жердєв М.Д., Мирошніченко Ю.В. Вплив якості транспортного обслуговування на попит споживачів транспортних послуг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/19516/1/Інтелектуальні%20транспортні%20технології.pdf>

2. Мазур Ю. Формування попиту і пропозиції на ринку послуг перевезень вантажів автомобільним транспортом // Молодий вчений. – 2017. – № 11. – С. 67–71.
3. Sustainable Mobility and Intelligent Transport Systems [Електронний ресурс] // MDPI – 2024. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/5/2245>
4. Liyanage, S., Dia, H. An analysis of the usage of a demand responsive transit system: Case study of Belleville, Canada. Transportation Research Part A, 2020. – <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.08.007>

УДК 656.225

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

IMPROVEMENT OF ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN EMERGENCY SITUATIONS

Тетяна Грушевська, Денис Костюшко

*ННІ Київський інститут залізничного транспорту Національного транспортного
університету, вул. Івана Огієнка, 19, м. Київ, 03049*

The article examines the key role of rail transport in ensuring the continuity of passenger transportation in emergency conditions. The use of algorithmic solutions for optimizing route construction, organizational and technological measures to increase the stability of the transport system are proposed.

Залізничний транспорт в умовах надзвичайного стану в країні продовжує відігравати провідну роль у системі пасажирських перевезень. Ефективна організація пасажирських перевезень у таких умовах є критично важливою для забезпечення мобільності населення, евакуації та підтримки стабільності регіонів. Адже, з початком запровадження воєнного стану на території нашої країни, саме пасажирський залізничний транспорт є незамінним засобом перевезення пасажирів, основою мобільності населення в критичних умовах, взявши на себе значну відповідальність за евакуацію населення з небезпечних зон, перевезення поранених військовослужбовців та постраждалих цивільних осіб, транспортування представників органів влади та міжнародних делегацій [1]. Проте, у реаліях воєнного часу пошкодження залізничної інфраструктури є досить поширеним явищем. Кожен випадок руйнування, що призводить до тимчасового закриття певної ділянки, потребує оперативного створення альтернативного маршруту для пасажирських поїздів, які мали проходити через дану ділянку. Тому транспортна система має бути гнучкою, здатною швидко адаптуватися та змінювати режим роботи відповідно до ситуації.

Найбільшу відповідальність за організацію руху поїздів у складних умовах несуть диспетчерські служби Пасажирської компанії разом із виробничими підрозділами «Служби роботи станцій» та «Центром управління рухом поїздів». Саме ці структури оперативно реагують у випадках руйнування інфраструктури, зокрема в межах регіональних філій, де виникли проблеми або які залучаються до прокладання альтернативних маршрутів. Наприклад, регіональна філія «Південно-Західна залізниця», яка має один із найвищих показників інтенсивності руху поїздів на території України, поділяється на п'ять регіонів (Київський, Козятинський, Жмеринський, Коростенський і Конотопський) [2]. Схема Київського регіону регіональної філії «Південно-Західна залізниця» представлена на рис. 1. В межах філії є з'єднувальна ділянка колії між Фастовом та Миронівкою, що дає можливість в умовах надзвичайних

аварійних ситуацій використовувати паралельний хід, не зупиняючи рух у південному та східному напрямках. Якщо розглянути курсування поїздів у Львівському напрямку, можна сформулювати декілька альтернативних маршрутів для пасажирських поїздів у разі пошкодження залізничної інфраструктури. Враховуючи наявність електрифікації на цьому напрямку, можна розглядати три основних маршрути:

- 1) Київ – Коростень – Новоград-Волинський – Шепетівка – Здолбунів – Красне – Львів;
- 2) Київ – Фастів – Козятин – Шепетівка – Здолбунів – Красне – Львів;
- 3) Київ – Фастів – Козятин – Жмеринка – Хмельницький – Підволочиськ – Тернопіль – Красне – Львів.



Рис. 1. Схема Київського регіону регіональної філії «Південно-Західна залізниця»

Альтернативні маршрути відіграють ключову роль у забезпеченні безперервності пасажирських перевезень, допомагаючи уникнути затримок та дезорганізації руху. З огляду на те, що безпека пасажирів є пріоритетом, стабільність залізничного сполучення напряму впливає на довіру до транспорту. Забезпечення руху навіть в умовах пошкодженої інфраструктури зміцнює репутацію залізниці як надійного засобу пересування.

Альтернативні маршрути дозволяють швидко реагувати на непередбачені події, зменшуючи ймовірність затримок і дискомфорту для пасажирів. Розробка та реалізація таких маршрутів підвищує стійкість залізничної системи, роблячи її більш надійною та адаптивною за будь-яких обставин.

Кожен зі структурних підрозділів залізничної галузі виконує свої специфічні функції та має чітко визначені завдання. Зокрема, Центр управління рухом (ЦУР) відповідає за організацію перевезень як пасажирів, так і вантажів. Досягнення цієї мети забезпечується завдяки координації перевізного процесу, регулюванню руху вагонопотоків, ефективному використанню рухомого складу та дотриманню графіка руху поїздів.

Основним працівником у роботі ЦУР є поїзний диспетчер (ДНЦ), який несе персональну відповідальність за управління рухом поїздів на визначеній дільниці.

Служба роботи станцій, своєю чергою, відповідає за забезпечення якісного та своєчасного виконання перевезень пасажирів і вантажів, дотримання безпеки руху, збереження вантажів, а також за планування та розвиток інфраструктури. Цей підрозділ аналізує потреби транспортного

ринку, готує стратегії розвитку обслуговування і рухомого складу, впроваджує інновації та світовий досвід у виробничі процеси.

У випадках надзвичайних ситуацій ключову роль відіграє служба роботи станцій. Вона забезпечує координацію дій у регіоні, організовує використання аварійно-відновлювальних засобів, таких як пожежні чи будівельні поїзди, залучає автомобільний транспорт і готує спеціальні об'єкти до функціонування в умовах підвищеної небезпеки.

Як один із можливих варіантів, для удосконалення організації пасажирських перевезень в умовах надзвичайних ситуацій, передбачається запуск додаткового «поїзда-шатла» («човника»). В такому випадку служба роботи станцій або поїзний диспетчер відповідного регіону зв'язується з диспетчером пасажирської компанії (ДНЦПК) для виділення додаткових вагонів і узгоджує з поїзними диспетчерами необхідність залучення додаткового локомотива та локомотивної бригади для створення «поїзда-шатла» («човника»).

У разі потреби у залученні автомобільного транспорту, відділ роботи станцій або поїзний диспетчер зв'язується з найближчим виробничим підрозділом, який має на балансі автобуси, або з приватним перевізником для надання необхідної кількості автобусів для перевезення пасажирів.

Всю отриману інформацію передають поїзним диспетчерам задіяних дільниць, які, у свою чергу, передають її черговим по станціях. Поїзні диспетчери разом з черговими по станціях забезпечують безпеку руху поїздів на альтернативному маршруті, надаючи йому пріоритет. Ця схема взаємодії актуальна в тих випадках, коли після руйнування інфраструктури дільницю повністю закривають.

Оптимальні рішення знаходяться за допомогою певних алгоритмів [3]. Кожен маршрут представлений як послідовність елементів, де кожен елемент відповідає певній ділянці маршруту. Значення елемента може бути одним із трьох варіантів: «поїзд Intercity», «поїзд-шатл» або «автобус». Якщо використовується «поїзд-шатл», то залежно від виду тяги він може бути або «тепловозним», або «електровозним».

З огляду на специфіку задачі побудови альтернативних маршрутів для пасажирських поїздів, використання певних алгоритмів є найбільш доцільним інструментом. Вони здатні ефективно шукати оптимальні або близькі до оптимальних рішення в умовах складних і масштабних варіантів вибору, де класичні методи можуть виявитися малоефективними. Попри необхідність у певних часових ресурсах і налаштуванні параметрів, їхня гнучкість та здатність пристосовуватись до різноманітних умов робить їх одним із найефективніших підходів для удосконалення організації пасажирських перевезень, особливо в умовах надзвичайних ситуацій.

Для удосконалення організації пасажирських перевезень, підвищення їх стійкості в умовах надзвичайних ситуацій, доцільно реалізувати низку організаційних та технологічних заходів:

- розробка адаптивних маршрутів – створення альтернативних схем руху, які активуються у разі блокування основних дільниць;
- формування резервного парку транспорту – включення до складу перевізників спеціально підготовлених транспортних засобів для евакуації;
- інтеграція з платформами цифрового моніторингу – використання GPS-трекінгу та єдиних диспетчерських центрів для оперативного реагування;
- навчання персоналу – впровадження тренінгів для водіїв і диспетчерів щодо дій під час надзвичайних ситуацій (евакуація, інформування, перша допомога);
- забезпечення інформування населення – впровадження систем SMS-повідомлень, мобільних додатків та оповіщення через ЗМІ;
- співпраця з органами місцевої влади, ДСНС і військовими – узгодження планів реагування та створення оперативних штабів.

Ці заходи здатні забезпечити більш ефективне реагування, зменшити кількість транспортних інцидентів і забезпечити безперервність перевезень у складних умовах.

Висновок. Організація пасажирських перевезень є критично важливим елементом національної безпеки та стабільності. Удосконалення пасажирських перевезень в умовах надзвичайних ситуацій потребує комплексного підходу, що включає використання технологій, планування маршрутів та заходи безпеки. Державний та приватний сектори повинні активно співпрацювати для створення стійкої транспортної системи, здатної реагувати на виклики ефективно та оперативно. Запропоновані заходи дозволяють сформувати гнучку та стійку транспортну систему, здатну ефективно функціонувати в умовах загроз.

Подальші дослідження можуть бути зосереджені на моделюванні сценаріїв евакуації, оптимізації логістики пасажирських перевезень в умовах надзвичайних ситуацій та аналізі практичного досвіду реагування на реальні події.

Література

1. Габа В.В., Грушевська Т.М., Коротенко Д. І. Дослідження організації пасажирських перевезень в період воєнних дій в Україні. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології». 2023. С. 40-43. <https://drive.google.com/drive/folders/1trm30Fzy5vhbcSjBq12sbGT2Ewq-6My5>.
2. Тарасов К.О. Удосконалення чинної системи оперативного управління швидкісними залізничними пасажирськими перевезеннями Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2024. Т. 29, № 3. С. 33–40. URL: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v29i3.313607>
3. Bulková Z., Gašparík J., Zitrický V. The Management of Railway Operations during the Planned Interruption of Railway Infrastructure. *Infrastructures*. 2024. Vol. 9, no. 7. P. 119. URL: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9070119>.

УДК 656.025.4

ЛОГІСТИЧНІ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

LOGISTICS MODELS OF OIL PRODUCTS TRANSPORTATION IN CONDITIONS OF LIMITED INFRASTRUCTURE

Володимир Черкудінов¹, Юлія Зеленько¹, Руслана Роп²

¹Український державний університет науки і технологій,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49000

²Національному університеті «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79000

A comprehensive methodology for determining tariff and logistics parameters necessary for the effective functioning of transport and logistics systems for the delivery of petroleum products without accumulation at intermediate stages of transportation is being considered, which makes it possible to reduce the risks of losing an oil cargo during martial law..

У нинішніх умовах воєнного стану особливого значення набуває безпечне та безперебійне транспортування стратегічно важливих вантажів, зокрема нафтопродуктів. Враховуючи порушення традиційних транспортних шляхів, зростання ризиків та обмеження інфраструктурних потужностей, постає потреба у впровадженні обґрунтованих логістичних

рішень, які дозволять мінімізувати витрати, знизити втрати та забезпечити надійність постачання. Одним із ключових чинників ефективної логістики є коректний вибір схеми доставки, який має ґрунтуватися на багатофакторному аналізі тарифних та технічних параметрів.

У роботі проаналізовано дві альтернативні логістичні моделі доставки моторного бензину з Євросоюзу на територію України, з урахуванням обмежених можливостей національної транспортної інфраструктури. Об'єктом дослідження виступає бензин моторний (не етилований), класифікований як небезпечний вантаж класу 3 згідно з міжнародною системою класифікації ООН. В обох схемах кінцевими пунктами доставки виступають міста Дніпропетровської області, розташовані на значній відстані від залізничних вузлів.

Перша модель передбачає транспортування бензину в залізничних цистернах моделі 15-776 з ЄС до прикордонних переходів (зокрема, Чоп, Мостиська 2, Ягодин, Вадул-Сірет, Дяково), після чого поїзд прямує до станції Запоріжжя-Кам'янське. Тут здійснюється перевантаження у автоцистерни типу ADR (K.STB E 39/5-11/24), що далі доставляють вантаж до кінцевих пунктів призначення.

Альтернативна схема використовує контейнер-цистерни типу T11, які транспортуються залізничними платформами 13-401-04. Аналогічно до попередньої моделі, вони прибувають до Запоріжжя-Кам'янське, де відбувається перевантаження у фітінгові напівпричепи (DL-НПК 3812 відкритого типу) для подальшої автодоставки.

Проведений порівняльний аналіз вартості включає компоненти: тариф на перевезення, орендну плату за вагони або контейнер-цистерни, вартість маневрових операцій та автотранспорту. За умовного об'єму партії 200 тонн та з урахуванням відповідних нормативів, обчислено питомі витрати на доставку.

Результати дослідження показали, що контейнерна схема є економічно вигіднішою. Вона потребує меншої кількості перевантажень, знижує логістичні витрати, усуває необхідність зміни типу транспортного засобу і скорочує загальний час доставки. Вартість транспортування при цій схемі в середньому становить 2,24 – 2,63 тис. грн за тонну, залежно від маршруту. Крім того, час доставки разом із усіма логістичними операціями становить від 9 до 11 діб, що є прийнятним за сучасних умов.

Отже, результати порівняльного аналізу свідчать про доцільність впровадження контейнерної моделі як основної для доставки нафтопродуктів в умовах обмеженого доступу до інфраструктури. Запропонована методика розрахунку тарифних і логістичних параметрів дозволяє обґрунтовано обирати оптимальні маршрути та транспортні засоби з урахуванням безпеки, економічності, екологічних обмежень та технічної реалізованості. Це відкриває можливість широкого практичного застосування результатів дослідження в умовах кризового управління логістикою паливно-енергетичного комплексу України.

Література

1. Зеленько Ю. В., Черкудінов В. Е., Левицька С. І. Концепція екологізації мультимодальних перевезень // *Транспортні системи та технології перевезень*. – 2023. – № 24. – С. 58–62.
2. Zelenko Y., Cherkudinov V. Energy-efficient means of transporting oil products to Ukraine during martial law // *MATEC Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 390. – Art. 01007.
3. Огороков А. М., Бех П. В., Лашков О. В. Організація міжнародних мультимодальних перевезень з врахуванням ризиків // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. – 2025. – Т. 36 (75), № 1, ч. 1. – С. 283–288.

УДК 656.13

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПЛАНУВАННІ ТА МОНІТОРИНГУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN PLANNING AND MONITORING PASSENGER FLOWS

Анастасія Матвіїшина

*Відокремлений структурний підрозділ «Технічний фаховий коледж ЛНТУ»,
вул. Конякіна, 5, м. Луцьк, 43000*

The theses examine the role of digital technologies in the management of passenger transportation. The focus is on data collection and analysis tools such as GPS monitoring, automated passenger counting systems, Big Data, and artificial intelligence.

Стрімкий розвиток міст та зростання мобільності населення зумовлюють необхідність удосконалення системи громадського транспорту. Традиційні методи управління транспортними потоками не завжди забезпечують ефективність та адаптивність у змінних умовах сучасного урбаністичного простору. Саме цифрові технології дозволяють організовувати пасажирські перевезення на якісно новому рівні – із застосуванням аналітики в реальному часі, прогнозування попиту та оперативного реагування на зміни в транспортному середовищі.

Цифровізація громадського транспорту включає впровадження ряду інструментів, що забезпечують комплексний моніторинг та управління пасажиропотоками:

- Системи GPS-моніторингу дозволяють відстежувати рух транспортних засобів у реальному часі, забезпечуючи точність дотримання графіків та інформування пасажирів.
- Автоматизовані системи обліку пасажирів (АСОП) забезпечують точне вимірювання пасажиропотоку на маршрутах за допомогою електронних квитків, банківських карток або мобільних додатків.
- Мобільні застосунки надають пасажирам доступ до розкладів, маршрутів, часу прибуття транспорту та дозволяють залишати зворотний зв'язок.
- Аналітика великих даних (Big Data) дозволяє виявляти закономірності, пікові навантаження, та оптимізувати мережу маршрутів.
- Штучний інтелект (ШІ) використовується для прогнозування пасажиропотоків, адаптації розкладів та маршрутів до змін попиту.

Інтеграція цифрових рішень у транспортну систему дає можливість: скоротити час очікування транспорту; підвищити регулярність і точність виконання рейсів; покращити планування маршрутної мережі на основі реальних даних; зменшити витрати на перевезення; забезпечити прозорість роботи транспортних операторів; підвищити екологічність транспортної системи за рахунок оптимізації кількості рейсів.

У Києві впроваджено систему "Kyiv Smart City", яка забезпечує GPS-моніторинг транспорту, електронний квиток та мобільні сервіси для пасажирів. У Львові функціонує електронний квиток, що дозволяє в режимі реального часу отримувати дані про завантаженість маршрутів. У Вінниці діє система диспетчеризації з цифровим контролем за транспортом.

За кордоном одним із провідних прикладів є Гельсінкі (Фінляндія), де реалізовано концепцію Mobility as a Service (MaaS) – єдину цифрову платформу, що інтегрує всі види

транспорту. Таллінн (Естонія) повністю цифровізував систему громадського транспорту з відкритим доступом до даних.

Попри позитивні результати, впровадження цифрових технологій супроводжується низкою проблем:

- нерівномірний розвиток цифрової інфраструктури в різних регіонах;
- фінансові обмеження, особливо у громадах малих міст;
- відсутність кваліфікованих кадрів для роботи з новими системами;
- необхідність захисту персональних даних користувачів;
- потреба у законодавчому врегулюванні процесів цифровізації транспорту.

Сучасні цифрові технології не обмежуються лише інструментами автоматичного обліку чи супутникового моніторингу. Значного поширення набувають мобільні застосунки для пасажирів, які не лише надають інформацію про розклад, маршрути та затримки, а й виступають джерелом зворотного зв'язку та краудсорсингових даних.

Зокрема, пасажирів можуть:

- надсилати інформацію про переповненість транспорту;
- повідомляти про збої або аварійні ситуації;
- оцінювати якість обслуговування.

Такі дані, зібрані у реальному часі, дають змогу органам управління оперативно реагувати на зміни в попиті, адаптувати маршрути, а також планувати майбутні інфраструктурні зміни.

Яскравими прикладами є системи Citymapper, Transit App, а також українські платформи – EasyWay і Dozor. У деяких містах (наприклад, Таллінн, Торонто, Варшава) міські транспортні відомства офіційно інтегрували краудсорсингові інструменти в аналітику пасажиропотоків.

Таким чином, мобільні застосунки виступають не лише зручним інтерфейсом для користувача, а й цінним джерелом оперативних, точкових і локалізованих даних, які доповнюють «великі» цифрові системи моніторингу.

Цифрові технології відіграють ключову роль у трансформації системи пасажирських перевезень. Вони сприяють ефективному плануванню, прозорості, оперативності та підвищенню якості обслуговування пасажирів. Перехід до цифрової транспортної системи вимагає комплексного підходу – модернізації інфраструктури, підвищення кваліфікації кадрів, створення нормативної бази та активної участі місцевих громад.

Література

1. Про міські пасажирські перевезення: Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. Відомості Верховної Ради України. 2001. № 33.
2. Юрчишин О. Я., Степанець О. В., Скоробогатова Н. Є. Аналіз цифрових технологій в Україні: проблеми та перспективи // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2023. – Т. 3781. – С. 114–131. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper15.pdf>.
3. Дзюра Б., Магдич А. Тренди цифровізації та очікування в Україні з європейської перспективи // *ResearchGate*. 2025. URL https://www.researchgate.net/publication/385125806_Digitalization_trends_and_expectations_in_Ukraine_from_a_European_perspective.

УДК 658.7

ІННОВАЦІЙНА ЛОГІСТИКА В ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

INNOVATIVE LOGISTICS IN THE OPERATIONS OF A TRANSPORT ENTERPRISE

Ігор Мурований, Вікторія Котенко

*Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43000*

The paper explores the significance of innovative logistics for transport enterprises under digital transformation and increasing service demands. It highlights challenges and opportunities for the digitalization of Ukraine's logistics sector.

Сучасні транспортні підприємства діють у середовищі жорсткої конкуренції, високих вимог до якості логістичних послуг та стрімкого розвитку цифрових технологій. У таких умовах інноваційна діяльність у сфері логістики виступає не просто фактором розвитку, а необхідною умовою виживання та зростання компаній. Логістичні інновації дозволяють підприємствам зменшити витрати, підвищити рівень сервісу, адаптуватися до потреб клієнтів та підвищити ефективність функціонування логістичних ланцюгів

Під логістичними інноваціями розуміють систематичні нововведення у сфері управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками, що призводять до значного підвищення ефективності логістичних процесів та створення нових логістичних рішень або сервісів [1].

У науковій літературі інновації в логістиці визначаються як систематичне впровадження нових або істотно вдосконалених логістичних процесів, технологій, засобів перевезення або організаційно-управлінських рішень, які спрямовані на підвищення ефективності логістичної діяльності [2,3]. При цьому варто розрізняти інновації продуктового характеру (наприклад, впровадження нових транспортних послуг або форматів доставки) та процесні інновації, пов'язані із змінами логістичних технологій, автоматизацією складів, інтеграцією цифрових платформ тощо. За твердженням М. Кричевського, ключовими чинниками впровадження інновацій у логістиці є наявність високотехнологічних рішень, потреба в оптимізації витрат і прагнення до підвищення клієнтоорієнтованості [4].

Інноваційна логістика охоплює широкий спектр інструментів, серед яких найбільш поширеними є системи управління ланцюгами постачання (SCM), транспортні управлінські системи (TMS), системи управління складськими операціями (WMS), технології «розумної логістики» (Smart Logistics), включаючи IoT, блокчейн, великі дані (Big Data), хмарні сервіси та штучний інтелект. У контексті діяльності транспортного підприємства особливого значення набувають інновації, пов'язані з маршрутизацією, оптимізацією вантажопотоків, автоматизованим відстеженням транспорту, використанням електронних накладних та інтеграцією з клієнтськими CRM-системами.

У країнах Європейського Союзу та Північної Америки інноваційна логістика є системно інтегрованою у стратегії розвитку великих транспортних операторів. Наприклад, компанія DHL активно застосовує елементи штучного інтелекту для прогнозування попиту, оптимізації логістичних вузлів і динамічного управління складськими запасами. У рамках

програми DHL Smart Warehouse впроваджено мобільні та стаціонарні роботи, здатні сортувати посилки, формувати замовлення та координувати доставку в режимі реального часу. У звітах компанії зазначено, що завдяки цифровізації вдалося зменшити середній час обробки одного замовлення на 25%, а також знизити рівень логістичних помилок [5].

Ще одним яскравим прикладом є компанія UPS, яка розробила систему ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation). Ця система використовує математичне моделювання та алгоритми машинного навчання для побудови найефективніших маршрутів доставки. Впровадження ORION дозволило UPS щорічно економити до 100 мільйонів миль пробігу та до 10 мільйонів літрів пального, що не лише знижує витрати, а й сприяє екологічній сталості бізнесу [6].

В Україні інноваційна логістика перебуває на етапі активного впровадження, переважно серед лідерів ринку поштово-логістичних послуг. Компанія «Нова Пошта» стала прикладом успішної цифрової трансформації: автоматизовані термінали, електронні сервіси самообслуговування, мобільні застосунки з функцією відстеження відправлень, електронного підпису та інтеграції з платіжними платформами. Зокрема, в Києві функціонує найбільший в Україні інноваційний логістичний термінал, побудований за стандартами «індустрії 4.0», що дозволяє обробляти до 50 тис. посилок за годину [7]. Окрім цього, компанія впроваджує екологічні інновації – тестування електромобілів для доставки, використання багаторазової тари, а також дослідження можливостей доставки дронами.

Іншою компанією, що активно застосовує інновації, є «Delivery». У 2023 році компанія оголосила про повну інтеграцію платформи управління транспортом (TMS), яка дозволяє в реальному часі моніторити статуси вантажів, формувати маршрути з урахуванням пробок, погодних умов та графіків клієнтів, а також забезпечує аналітичну звітність про ефективність логістичних операцій. Системи цієї категорії сприяють підвищенню прозорості, скороченню витрат і поліпшенню клієнтського досвіду [8].

Варто відзначити, що інноваційна логістика не обмежується виключно цифровими рішеннями. Вона також охоплює екологічну та соціальну складову. Концепції «зеленої логістики» та «логістики без відходів» все частіше стають частиною корпоративних стратегій. У Європі транспортні оператори переходять на електротягу, зменшують споживання ресурсів, оптимізують вантажопотоки за принципами кругової економіки. Застосування цифрового двійника (Digital Twin) дозволяє моделювати логістичні мережі віртуально та виявляти потенційні неефективності ще до їх реалізації.

Проведений аналіз міжнародних публікацій також підтвердив наявність вищезазначених трендів у транспортній логістиці. Для аналізу було використано 3995 статей, що індексуються у наукометричній базі WoS, за 2020-2024 роки [9]. На Рисунку 1 представлено 10 ключових трендів у інноваційній логістиці, що найчастіше досліджують науковці у світі. Аналіз показав, що сталий транспорт є найпоширенішим напрямом досліджень у сфері логістичних інновацій, становлячи 28,5% усіх виявлених публікацій. Значну увагу також приділено логістиці останньої милі (16,2%) та оптимізації маршрутів (11,3%). Важливими темами досліджень залишаються використання електротранспорту для доставки (9,6%), впровадження моделей доставки (8,7%) та застосування штучного інтелекту, машинного навчання і великих даних (7,6%). Також простежується зростання інтересу до зеленої логістики, доставки вантажів дронами, Інтернету речей (IoT) та екологічного пакування, хоча їхня частка поки залишається відносно нижчою.

Попри значний потенціал, в Україні існує низка бар'єрів на шляху до повноцінної цифровізації логістичних процесів. Серед них: висока вартість впровадження ІТ-рішень,

низький рівень цифрової грамотності частини персоналу, обмежені інвестиційні ресурси, а також відсутність єдиної державної платформи з підтримки інновацій у логістиці.

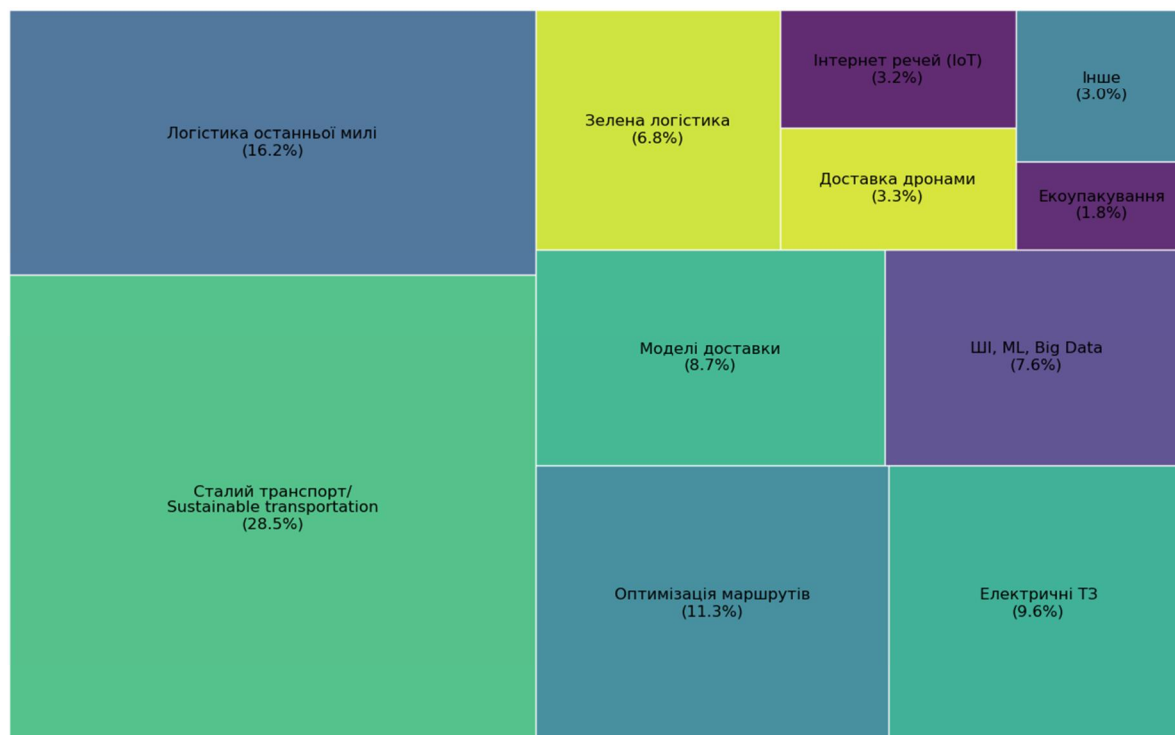


Рис. 1. Топ 10 тем інноваційної логістики у базі Web of Science (2020–2024)

З огляду на геополітичну ситуацію, Україна має всі шанси стати логістичним хабом між Європейським Союзом та Азією. Реалізація цього потенціалу неможлива без інноваційної логістики, що передбачає як фізичну модернізацію транспортної інфраструктури, так і впровадження цифрових сервісів на основі відкритих стандартів та інтероперабельності. Зокрема, перехід до електронного документообігу, інтеграція в європейську цифрову систему eFTI (electronic Freight Transport Information) є пріоритетними завданнями на найближчі роки.

Отже, інноваційна логістика стає визначальним фактором розвитку транспортних підприємств, дозволяючи не лише зменшити операційні витрати, а й створити нову якість логістичних послуг. Вітчизняний і міжнародний досвід свідчать про високу ефективність застосування новітніх технологій у сфері транспортування та управління логістичними ланцюгами. Для українських компаній критично важливо не залишатися осторонь глобальних змін, а активно інтегрувати інноваційні рішення у свою діяльність, формуючи конкурентоспроможну, гнучку та стійку логістичну систему.

Література

1. Петренко О.І., Черниш В.М. Інновації в логістичній діяльності, їх переваги та недоліки. Сорок шості економіко-правові дискусії. Серія: Соціальні та гуманітарні науки. Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. 2020.
2. Турило А.А. Основи управління інноваційним розвитком підприємства: монографія. Кривий Ріг: Вид. Козлов Р.А., 2017. 307 с
3. Колодізева Т. О. Інноваційні технології в логістиці : навчальний посібник/ Т. О. Колодізева, Г. Р. Руденко. — Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. — 268 с.
4. Михайлова Л.І., Гуторов О.І., Турчіна С.Г., Шарко І.О. Інноваційний менеджмент: навчальний посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2015. – 234 с..

5. DHL. *Artificial Intelligence in Logistics. – Trend Report 2022.* – <https://www.dhl.com>
6. UPS. *Optimizing Delivery with ORION.* – UPS Pressroom, 2023. – <https://www.ups.com>
7. *Нова Пошта* офіційний сайт. – 2023. – <https://novaposhta.ua>
8. *Delivery: Новини та проекти.* – *Logist.Today*, 2023. – <https://logist.today>
9. *Web of Science.* URL :<https://www.webofscience.com/wos/woscc/advanced-search>

УДК 656.502

РИЗИКИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ТА ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

RISKS OF TRANSPORTATION OF DANGEROUS CARGO AND IMPACT OF TRANSPORT ON THE ENVIRONMENT

Євгеній Свириденко

*ННІ Київський інститут залізничного транспорту
Національного транспортного університету,
вул. Івана Огієнка, 19, м. Київ, 03049*

Catastrophic consequences of violating traffic safety rules on some types of transport. Impact of road, rail, air and water transport on the natural environment.

Стрімкий розвиток транспортної інфраструктури у всьому світі з одного боку сприяє економічному зростанню та поліпшенню рівня життя, а з іншого – вкрай негативно впливає на навколишнє середовище.

Таким чином, для розуміння механізмів негативного впливу об'єктів транспорту на навколишнє середовище, виникає необхідність у прийнятті грамотних і своєчасних інженерних рішень для його захисту від різних видів такого впливу, зокрема і під час перевезення небезпечних вантажів будь-якими видами транспорту.

Слід зазначити, що питання удосконалення безпеки руху та зменшення негативного впливу транспорту на довкілля тісно взаємопов'язані.

Як і у всьому світі, так і в Україні підприємства транспорту несуть відповідальність за шкоду, заподіяну навколишньому природному середовищу. Вони зобов'язані забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, безпеку експлуатації транспортних засобів, охорону навколишнього природного середовища. Проте у більшості випадків саме порушення правил безпеки руху (в тому числі застарілий парк рухомого складу) впливає на рівень аварійності.

Особливо небезпечними є аварії на залізницях. Вся проблема у вантажах, які перевозять транспортні потяги. Окрім цілком безпечного лісу чи зерна, залізницею рухаються і вантажі з підвищеним рівнем небезпеки, як то бензин чи продукція хімічної промисловості. Тому аварії на залізницях можуть призвести до серйозних забруднень довкілля чи навіть масштабної катастрофи. Так, у 2007 році у Львівській області потяг з 58-ма цистернами жовтого фосфору слідував з Казахстану до Польщі. На перегоні Красне-Ожидів 15 цистерн зішли з рейок та перекинулися. Через витік фосфору з однієї цистерни сталося самозаймання 6-ти. Пожежу

швидко загасили, але хмара з продуктів горіння поширилася на 90 кв. км У зоні ураження опинилися близько 100 сіл [1].

Також небезпечними є аварії на танкерах, які транспортують нафту. Так, у Чорному морі 2024 року сталася одна з наймасштабніших екологічних катастроф останніх десятиріч. В результаті аварії двох танкерів «Волгонафта 212» і «Волгонафта 239» у води потрапило близько 8000 тонн мазуту [2].

Повітря забруднюють практично всі види сучасного транспорту, кількість якого постійно збільшується у всьому світі. Майже всі складові вихлопних газів автомобілів шкідливі для людського організму, а оксиди азоту до того ж беруть активну участь у створенні фотохімічного смогу. Забруднюється повітря і пилом гуми з покриттів автомобілів і літаків (один автомобіль утворює близько 10 кг. гумового пилу).

За приблизними підрахунками, маса забруднювальних речовин в атмосфері становить 9-10 млн. тонн. Порівняно з масою земної атмосфери це мізерна величина, однак на висоті 50-100 м. від Землі, де саме концентруються забруднювальні речовини, частка їх є істотною відносно кількості чистого повітря [3].

Проаналізувавши інформацію щодо негативного впливу різних видів транспорту на атмосферу Землі, маємо значення, наведені у табл.1.

Таблиця 1

Отримані значення

Вид транспорту	Масова частка викидів у відсотках				
	CO	Вуглеводнів	SO ₂	H ₂ SO ₄	Аерозолів
Автомобільний	89,5	82,1	72,6	44,4	78,5
Водний	2,2	6,4	2,2	33,3	7,1
Повітряний	1,4	2,6	1	11,2	7,3
Залізничний	0,4	2,6	7,7	11,1	7
Інший	6,5	6,3	16,5		

Таким чином, автомобільний транспорт є основним джерелом забруднення повітря. Шкідливі речовини під час експлуатації автотранспорту потрапляють у повітря з вихлопними газами, випарами з паливних систем, а також під час заправки автомобіля паливом. На викиди оксидів вуглецю (вуглекислий газ і чадний газ) впливає також рельєф дороги та режим і швидкість руху автомобіля. Наприклад, якщо збільшувати швидкість авто і різко зменшувати її під час гальмування, то у вихлопних газах кількість оксидів вуглецю збільшується у 8 разів. Мінімальна кількість оксидів вуглецю виділяється при рівномірній швидкості автомобіля 60 км/год. Вихлопні гази накопичуються у нижніх шарах атмосфери, тобто шкідливі речовини знаходяться в зоні дихання людини. Тому автомобільний транспорт варто віднести до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей.

Також стрімко розвивається й авіаційний транспорт і це не могло не вплинути на навколишнє середовище. Основний вплив авіації на довкілля полягає в акустичному забрудненні, а також у викиді газів в атмосферу, що призводить до зміни клімату й забруднення повітря. Особливість викидів шкідливих речовин під час експлуатації авіаційного транспорту – це висота (як відомо, літаки в наш час літають на висоті 8–13 км). У результаті цього в різних формах змінюється склад атмосфери, як безпосередньо, так і непрямо. Безпосередній вплив: емісія вуглекислого газу, оксидів азоту (NO_x), водяної пари, незгорілих вуглеводнів (бензол, пропан, етан, ацетилен, метан та ін.), сульфатних часток і сажі. Непрямий вплив: утворення озону (O₃) в результаті ланцюга хімічних реакцій, схожих на утворення смогу. У нижньому

шарі атмосфери озон – шкідлива речовина, що сприяє глобальному потеплінню. Вихлопні гази двигунів літаків сприяють утворенню озонових дір. У верхню тропосферу та нижню стратосферу викидається величезна кількість водяної пари. Щодоби в ці шари атмосфери викидається від 10 до 30 тонн водяної пари. Оксиди азоту вступають в реакцію з озоном стратосфери, що призводить до руйнування цього шару, що захищає біосферу від жорсткого ультрафіолетового сонячного випромінювання. Збільшення кількості перистих хмар призводить до зростання температури повітря. Забруднення нижньої стратосфери вище тропопаузи (висоти більш 9–11 км) впливає на фізико-хімічний склад стратосферного повітря. Частинки, викинуті на висоті 14 км, перебувають в стратосфері до одного місяця, а на висоті 22 км – до двох років. Це призводить до зменшення густини атмосферного озону і відповідно позначається на погодних умовах і кліматі Землі, викликає стихійні лиха [4].

Крім того, сучасний аеропорт (аеродром) можна розглядати ще й як комплекс випромінювання електромагнітної енергії, що чинить шкідливий вплив на природу. Також до джерел випромінювання слід віднести радары, засоби зв'язку тощо. Це далеко не повний перелік екологічних проблем, що виникають під час антропогенної діяльності через експлуатацію авіаційної техніки.

У порівнянні з автомобільним та авіаційним транспортом несприятливий вплив залізничного транспорту на довкілля істотно менший. Це пов'язано насамперед з тим, що залізничний транспорт – найбільш економічний вид транспорту по витраті енергії на одиницю роботи.

Однак, залізничний транспорт також сприяє забрудненню довкілля, а надто міських систем, оскільки залізничні станції часто розташовані в межах населених пунктів. Також забруднення відбувається у випадках використання тепловозів (працюють на дизельному паливі, а тому викидають оксиди вуглецю та азоту); та через те, що на багатьох пасажирських поїздах опалення здійснюється вугіллям тощо.

Окремо слід зазначити, що на державному рівні ще у 1998 році Постановою Верховної Ради України “Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки” визначено, що залізничний транспорт України використовує приблизно 170 млн. куб. метрів води на рік. Близько 50 відсотків води використовується на господарсько-питні потреби, безповоротні втрати води становлять понад 40 відсотків. Щороку в каналізаційній мережі, природні водойми залізниця скидає понад 20 тис. тонн забруднюючих речовин, з яких майже 50 відсотків – без очищення. Основні забруднюючі речовини – це відпрацьовані гази тепловозів, нафтопродукти, фенол, аерозолі, сміття.

Забруднення довкілля водним транспортом відбувається двома головними шляхами: по-перше, судна забруднюють довкілля відходами діяльності в процесі експлуатації, і по-друге, викидами при аваріях суден. В штатних умовах експлуатації головними джерелами забруднення залишаються судові двигуни, перш за все – головна енергетична установка, а також води, що були використані для миття вантажних відсіків та баластні води, що зливається за борт.

Отже, основними видами впливу транспорту на довкілля є: викиди відпрацьованих газів; відходи від експлуатації транспорту (зливи технологічних рідин, мікрочастинки шин, побутові відходи тощо); електромагнітне колювання; забруднення водних об'єктів внаслідок експлуатації водного транспорту; руйнація природних ландшафтів, зменшення лісонасаджень та сільськогосподарських угідь, деградація земель через будівництво об'єктів транспортної мережі; порушення водоносних горизонтів великими насипами при будівництві залізниць, доріг, злітно-посадкових

смуг; скорочення ареалів тварин (птахів в зоні аеропортів, тварин внаслідок прокладання доріг), перенесення транспортними засобами чужорідних видів тваринного світу з одних ареалів поширення в інші.

На сьогодні частку транспортної галузі у загальному антропогенному забрудненні навколишнього середовища оцінюють майже у 40 відсотків. Це більше, ніж будь-якої іншої галузі промисловості. Водночас, слід зазначити, що наразі транспорт допомагає вижити українській економіці та її громадянам під час війни.

Література

1. Інформаційне агентство УНІАН. [Електронний ресурс]. <https://www.unian.ua/society/54690-tehnogenna-katastrofa-na-lvivschini-den-tretyi-hronika.html>.
2. Інформаційний ресурс Суспільне Крим [Електронний ресурс]. <https://suspilne.media/crimea/903753-ce-najmasstabnisa-ekologicna-katastrofa-storicca-biolog-pro-avariu-u-kercenskij-protoci/>.
3. Лук'янова Л. Основи екології. Методика екологізації фахових дисциплін. Навчально-методичний посібник. Київ: 2016, с 45.
4. Трофімов І.Л. Аналіз впливу авіаційного транспорту на забруднення атмосфери. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 1. с. 119–124.
5. Зеленько Ю.В. Еколого-економічні заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля на залізничному транспорті.
6. Статистика викидів забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря. *Держстат*. [Електронний ресурс]. <https://stat.gov.ua/uk/datasets/vykydy-zabrudnyuyuchykh-rechovyn-i-parnykovykh-haziv-v-atmosferne-povitrya>.

УДК 656.025

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНТЕЙНЕРНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CONTAINER RAILWAY TRANSPORTATION

Ярослав Муляр

ННІ Київський інститут залізничного транспорту Національного транспортного університету, вул. Івана Огієнка, 19, м. Київ, 03049

The report examines the current state of container rail transportation in Ukraine and globally, particularly along the China–Europe corridor. It presents recent statistical data, analyzes major challenges, and outlines development prospects for this transport mode. Special focus is placed on the impact of martial law in Ukraine on logistics routes and the adaptation of railway infrastructure to new conditions..

У сьогоденних умовах світових перевезень, уніфікація перевезення за допомогою контейнерних поїздів отримує все більше значення як вдалий, безпечний і екологічний метод доставки вантажів на великі відстані. Їх важливість значно зросла на фоні політичних змін, порушень в логістичних шляхах через пандемію COVID-19 та війну в Україні.

Контейнерні перевезення це тип перевезення вантажів в стандартизованих контейнерах, які дають:

- легкість зміни між типами транспорту для перевезення;
- швидке завантаження-розвантаження;
- зменшення ризику пошкодження або втрати вантажу;
- оптимізацію витрат на логістику.

Залізниця є гарним вибором в протизагу перевезення автівками для маршрутів дальнього слідування, особливо коли вантажі перевозяться між країнами Європи та Азії.

Китай – Європа: маршрут Китай – Європа є одним з найважливіших шляхів для контейнерних перевезень. У першому півріччі 2023 року кількість контейнерних перевезень між Китаєм та Європою зросла на 16%у порівнянні з аналогічним періодом попереднього року. За цей період залізницею перевезено 936 тис. TEU, що на 30% більше, ніж в попередньому році[1].

Європа: ЄС активно нарощує екологічні тенденції щодо переведення вантажів з автомобільного на залізничний транспорт. Зокрема, у 2023-2024 роках у Німеччині, Польщі та Італії було реалізовано кілька інфраструктурних проєктів для розвитку контейнерних терміналів.

Україна: Незважаючи на бойові дії, у 2023-2024 роках в Україні було створено альтернативні логістичні маршрути через західні кордони (Польща, Румунія, Словаччина). Державне підприємство «Укрзалізниця» активно розвиває контейнерні перевезення, зокрема з використанням широко колійної інфраструктури [2].

В табл. 1 наведено статистику контейнерних перевезень в Україні (2018 –2024 роки) [2].

Таблиця 1

Статистика контейнерних перевезень (2018 – 2024 роки)

Рік	Обсяг перевезень (TEU)	Зміна до попереднього року
2018	334 900	—
2019	384 000	+14,7%
2020	425 000	+10,7%
2021	279 800	-34,2%
2022	150 100	-46,3%
2023	201 260	+34,0%
2024	258 180	+28%

В табл. 2 наведено структуру вантажів у контейнерних перевезеннях (2023)[3].

Таблиця 2

Структура вантажів у контейнерних перевезеннях

Вантаж	Частка (%)
Зернові	49
Чорні метали	17
Макуха	14
Олія	10
Інші	10

Війна в Україні, яка порушила сталі логістичні маршрути через кордони зі східними країнами.

Різниця в ширині колії між ЄС та Україною (1435 мм проти 1520 мм) значно ускладнює легке прослідування вантажів через кордон з застарілими бюрократичними процедурами [4].

Перспективи розвитку:

Залучення закордонних інвестицій для модернізації терміналів та створення нових контейнерних терміналів, а також активне просування інтермодальних перевезень.

Цифровізація логістики: впровадження електронного документообігу, автоматизованих систем управління транспортним процесом.

Європейська інтеграція: підтримка ініціатив з розвитку українських проєктів в сфері перевезень.

Альтернативні маршрути: розвиток Транскаспійського та «Чорноморського» коридорів куди входять порти Одеса та Чорноморськ.

Україна за останні роки наростила свої потужності в сфері контейнерних перевезень залізницею. АТ «Укрзалізниця» доклала значних зусиль для залучення закордонних інвестицій та інтегрування європейської логістичної мережі, що призвело до значного збільшення обсягів вантажних перевезень.

Література

1. RailInsider. «Перевезення контейнерів залізницею у сполученні Китай–Європа». <https://www.railinsider.com.ua>
2. Інтерфакс-Україна. «Обсяг контейнерних перевезень УЗ зріс на 34% у 2023 році». <https://interfax.com.ua>
3. RailInsider. «УЗ: зерно – найпоширеніший контейнерний вантаж у 2023 році». <https://www.railinsider.com.ua>
4. Trans.info. «Проблеми на залізничному шляху з Китаю до Європи». <https://trans.info>
5. Saveprosolutions. «Контейнерні перевезення: Переваги, недоліки та актуальні тренди».
6. <https://saveprosolutions.com/blog/konteinerni-perevezennia-perevagi-nedoliki-ta-aktualni-trendi>

УДК 656.135.073

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МИТНОГО ОФОРМЛЕННЯ ЗБІРНИХ ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF CUSTOMS CLEARANCE OF GROUPAGE CARGO IN UKRAINE

Наталія Лужанська, Єлизавета Маряхіна

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

The paper examines the process of customs clearance of consolidated cargo. The main factors influencing the efficiency of customs formalities in competitive conditions are analyzed.

У сучасному світі, де логістичні процеси є однією з найважливіших ланок міжнародної торгівлі, митне оформлення відіграє важливу роль, адже саме воно задає темп доставки, зручність та економічну доцільність логістичних операцій в цілому. Зважаючи на постійні зміни у процесі поставок, а також збільшенні ризиків, пов'язаних з безліччю факторів, бізнеси все частіше почали використовувати перевезення збірних вантажів. Варто зазначити, також, що окрім потенційних переваг застосування техніки збірних вантажів в Україні, також існує ряд серйозних викликів та чинників, що створюють негативний вплив на митне оформлення, ускладнюють логістичні процеси, роботу бізнесу та підвищують кінцеву вартість імпортованих

товарів. Одним із основних чинників, що ускладнює цей процес, є низький рівень цифровізації митних процедур, адже відсутність безперешкодного зв'язку між підрозділами у вигляді загальної інтегрованої цифрової платформи для обміну даними значно уповільнює процес митного оформлення. Варто зазначити що при цьому з'являються додаткові виклики не лише для бізнесу у вигляді додаткових витрат та затримок при проходженні кордону, а й для митних органів, які в свою чергу не мають змоги автоматизувати свою роботу, а це призводить до значних затримок у процесах оформлення товарів і безпосередньо впливає на швидкість поставок.

Наступною серйозною проблемою, що в свою чергу, безпосередньо впливає на ефективність митного оформлення, є перевантаженість пунктів пропуску, передумовами цьому є недостатня кількість відкритих пропускних пунктів, їх погане технічне оснащення, відсутність необхідних навичок та технічних засобів митного контролю, необхідних для перевірки вантажів. Серед додаткових ключових моментів варто також зазначити і додаткові виклики у вигляді нестабільності митного законодавства, що змушують підприємства постійно адаптуватися до нових умов, а це в свою чергу створює додаткові фінансові ризики і знижує передбачуваність і стабільність зовнішньоекономічної діяльності. Не менш важливим на даний момент викликом є нестача кваліфікованих водіїв та масова міграція робочої сили, що створює труднощі у виконанні логістичних операцій [1].

Нерідко підприємства стикаються з проблемами, пов'язаними з різними стандартами сертифікації товарів, що в свою чергу призводить до затримок через необхідність проходження додаткових сертифікаційних процедур, заповнення та подачі додаткових документів та висновків кваліфікованих працівників тієї чи іншої лабораторії. Самі труднощі в розумінні вимог інших країн, що можуть змінюватися, також значно уповільнюють процес митного оформлення і створюють додаткові витрати.

Крім того, у сучасних умовах ситуацію додатково ускладнюють зовнішні фактори, такі як обмеження роботи портів, відсутність авіап перевезень та ризики військових дій, що спричиняють перебої в постачанні та зменшення замовлень. Побоювання щодо безпеки вантажів також змушують підприємства скорочувати обсяги перевезень, що негативно впливає на їхню прибутковість.

Наразі в Україні спостерігається також значний дефіцит сучасних транспортних мереж і обмеженість вантажних перевезень через недостатньо розвинену залізничну та автотранспортну інфраструктуру, що викликає труднощі в організації логістичних процесів. В свою чергу коливання вартості палива та нестабільність на міжнародних ринках постачання також збільшують витрати на транспортування, що додає ще один рівень фінансових ризиків для підприємств. Також важливо зазначити, що негативна тенденція поширення корупційних практик у процесах митного оформлення чинить істотний деструктивний вплив на ефективність митних процедур. Відсутність прозорості та недоброчесність деяких працівників митних органів, змушують вдаватися до корупційних схем, як наслідок, конкурентоспроможність українських компаній на міжнародних ринках зазнає негативного впливу.

Наявність чинників, що в свою чергу мають негативний вплив на ефективність митного оформлення збірних вантажів, також варто розглянути з позитивного боку, адже це дає своєрідну можливість задля удосконалення митного оформлення, транспортних та логістичних процесів. Беручи до уваги виклики, з якими стикнулась економіка України, варто відзначити позитивну динаміку у застосуванні нових методів та підходів до процесу доставки вантажів, введення нових нормативно-правових актів та змін у законодавчій базі, адже навіть попри скорочення обсягів перевезень функціонують такі напрямки, як перевезення збірних вантажів, а це в свою чергу є оптимальним рішенням, як для бізнесу, адже це зменшує ризики недостатнього збуту товарів за рахунок постачання невеликих згрупованих партій, так і для

транспортних підприємств, що їх здійснюють, що в свою чергу мінімізує простій та відсутність заявок на перевезення від клієнтів.

Безумовно задля подальшого покращення ситуації варто впроваджувати сучасні методи контролю та займатись вдосконаленням та оптимізацією логістичних процесів. Впровадження та подальше використання сучасних інноваційних технологій для обміну митними даними, вітчизняних, а також запозичених у міжнародній спільноті програм, стануть чудовим доповненням нашої митної системи та сприятимуть автоматизації процедури митного оформлення, підвищенню пропускної спроможності та рейтингу митниць.

В свою чергу варто звернути увагу і на прозорість митної системи, що дозволить зменшити кількість випадків корупції при здійсненні митних формальностей, а це один із найважливіших кроків для покращення конкурентоспроможності України на міжнародних ринках. Безумовно важливо, також займатись зміцненням економічних зв'язків з надійними партнерами та розширювати коло співпраці з іншими країнами задля запозичення позитивних тенденцій та розвитку економіки України, адже це в свою чергу дозволить мінімізувати ризики, пов'язані з нестабільністю ринку.

Таким чином, митне оформлення збірних вантажів є важливим чинником у подальшому розвитку зовнішньоекономічної діяльності в Україні, навіть попри кількість викликів, з якими воно стикається кожного дня. Ефективність процесу митного оформлення є одним з основних елементів здійснення зовнішньоекономічної діяльності, адже саме вона має безпосередній вплив на швидкість та подальші витрати в процесі міжнародної торгівлі. Враховуючи вищезазначені деталі, варто підсумувати, що впровадження цифрових технологій, боротьба з корупцією та розвиток логістичної інфраструктури сприятимуть не лише підвищенню конкурентоспроможності України на світовому ринку, а й забезпечуватимуть стабільний розвиток економіки країни.

Література

1. Luzhanska N., Kotsiuk O., Lebid I., Kravchenya I., Demchenko Ye. *The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time. Proceedings of the National Aviation University. 2019. № 3 (80). P. 78-91. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.80.14277>*

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

УДК 519.866:620.9:656

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN TRANSPORT-PRODUCTION SYSTEMS: OPTIMIZATION MODELS AND IMPLEMENTATION PROSPECTS

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ: МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

Borys Sereda¹, Daria Mukovska², Vitalii Orel³

¹*Dniprovsky State Technical University, 2 Dniprobudivska Street, Kamianske, Dnipropetrovsk Region, 51900, Ukraine*

²*O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17 Chornohlazivska Street, Kharkiv, 61002, Ukraine*

³*Dniprovsky State Technical University, 2 Dniprobudivska Street, Kamianske, Dnipropetrovsk Region, 51900, Ukraine*

Досліджено перспективи використання альтернативних джерел енергії в транспортно-виробничих системах, зокрема для зниження залежності від традиційних енергоносіїв та мінімізації викидів CO₂. Окреслено математичні підходи до оптимізації енергоспоживання, які включають створення моделей для прогнозування енергетичних потреб з урахуванням екологічних, технічних і економічних чинників, а також забезпечення ефективного використання відновлюваних джерел енергії.

Modern transport-production systems heavily depend on fossil fuels. This dependence creates significant ecological, economic, and political risks, especially in the context of rising energy prices and global warming.

To achieve sustainable development and enhance energy independence, it is essential to transition to the use of alternative energy sources, such as solar, wind, bioenergy, hydrogen energy, and electric transport.

The aim of the study is to determine the potential of renewable energy sources for reducing energy consumption and emissions in transport-production systems through mathematical modeling and optimization of energy processes.

Key areas of using alternative energy sources:

- electric transport: reduction of harmful emissions and fuel consumption;
- solar energy: powering production facilities and charging transport;
- wind energy: promising for regions with stable wind potential;
- bioenergy: effective in agricultural regions;
- hydrogen: the eco-friendly fuel of the future;
- hybrid systems: a combination of conventional and renewable energy sources.

This study examines contemporary approaches to mathematical modeling of energy consumption and the integration of alternative energy sources in transport and production complexes.

The application of linear and nonlinear programming methods, elements of game theory, queuing theory, and statistical algorithms makes it possible to:

- perform predictive calculations of energy consumption;
- develop optimal layouts for electric vehicle charging infrastructure placement;
- identify the most efficient transportation routes;
- assess the economic feasibility of innovative technologies.

Particular attention is paid to multi-criteria optimization, which involves the simultaneous consideration of economic efficiency, technical feasibility, and environmental safety in decision-making regarding the implementation of new energy solutions.

The development of energy infrastructure—including energy storage systems, biofuel logistics hubs, charging stations, and specialized software—is a decisive factor for an effective transition to sustainable energy.

Financing such a transition requires the adaptation of financial models and active government involvement, given the high initial investment costs.

The practical part of the work presents formulas for calculating capital investments:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (1)$$

when C – total capital costs of implementing alternative energy sources; C_1 - initial investments in purchasing equipment (e.g., solar panels, wind turbines, hydrogen systems, etc.); C_2 – costs for developing infrastructure (e.g., creating charging stations, energy supply networks); C_3 – costs for integrating new technologies into existing systems (e.g., adapting vehicles to new energy sources); C_4 – operational and maintenance costs (including costs for equipment upkeep and updates).

The efficiency evaluation of infrastructure to support renewable energy sources may include a formula for calculating the required number of charging stations $N_{station}$:

$$N_{station} = \frac{D_{total}}{D_{station}} \cdot k, \quad (2)$$

when D_{total} – the total energy demand in the system, kWh.; $D_{station}$ – the average amount of energy that one charging station can supply, kWh.; k – the coefficient that accounts for inefficiency or a reserve to ensure reliability.

Alternative energy sources contribute not only to enhancing energy efficiency but also to ensuring the environmental sustainability of transport and production systems. To achieve this, innovations in energy management, like the implementation of smart grids and energy storage systems, as well as technological advancements to integrate clean energy, are essential. Effective integration requires support across all management levels, including the formulation of policies, infrastructure investment, and ongoing research. This shift fosters long-term environmental, economic, and social advantages, supporting sustainable development.

References

1. Guo, Z., Afifah, F., Qi, J., & Baghali, S. (2021). *A Stochastic Multi-Agent Optimization Framework for Interdependent Transportation and Power System Analyses*. *arXiv preprint arXiv:2101.00908*.
2. Tran, T. T. D., & Smith, A. D. (2019). *Stochastic Optimization for Integration of Renewable Energy Technologies in District Energy Systems for Cost-Effective Use*. *Energies*, 12(3), 533.
3. Kim, J., Realff, M. J., Lee, J. H., Whittaker, C., & Furtner, L. (2011). *Design of biomass processing network for biofuel production using an MILP model*. *Biomass and Bioenergy*, 35(2), 853-871.
4. Tevjashev, A. D. (2013). *Stochastic models and methods of optimization of gas transmission systems. Technology audit and production reserves*, (3(1)), 41-45.
5. Zocca, A., & Zwart, B. (2017). *Optimization of stochastic lossy transport networks and applications to power grids*. *arXiv preprint arXiv:1712.07411*.

6. Li, G., Yang, Z., Sharma, S., Mian, A., Lin, Z., Tsatsaronis, G., & Marechal, F. (2019). Overview of assessment, optimization, and synthesis of energy systems: Methodology and application to thermal power plants. *Energies*, 12(1), 73. <https://doi.org/10.3390/en12010073>
7. Ko, S., Choi, K., Yoo, S., & Lee, J. (2022). Stochastic optimization model for sustainable multimodal transportation for bioenergy production. *Sustainability*, 14(3), 1889. <https://doi.org/10.3390/su14031889>.
8. Hamis, A. K., Abdelaziz, A. Y., Eskaros, M. R., Attia, M. A., & Sameh, M. A. (2023). Optimal electricity flow with stochastic renewable energy using three mixture distribution component functions. *Sustainability*, 15(1), 334. <https://doi.org/10.3390/su15010334>

УДК 626.8:662.6

GREENING TRANSPORT SYSTEMS: GLOBAL TRENDS AND UKRAINE'S PROSPECTS

ЕКОЛОГІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУ: ГЛОБАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Borys Sereda¹, Daria Mukovska², Yevhenii Ziuzin³

¹ *Dniprovsky State Technical University, 2 Dnirobudivska Street, Kamianske, Dnipropetrovsk Region, 51900, Ukraine*

² *O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, 17 Chornohlazivska Street, Kharkiv, 61002, Ukraine*

³ *Dniprovsky State Technical University, 2 Dnirobudivska Street, Kamianske, Dnipropetrovsk Region, 51900, Ukraine*

Досліджено сучасні екологічні підходи до розвитку транспортних систем. Проаналізовано світовий досвід у сфері сталого транспорту та окреслено перспективи для України, зокрема щодо впровадження електротранспорту та застосування цифрових рішень, спрямованих на зменшення викидів і підвищення ефективності.

The sustainable development of urban mobility is inextricably linked to the adoption of alternative energy sources. The integration of electric transport, hydrogen technologies, and next-generation biofuels serves as a crucial driver in reducing CO₂ emissions.

To clearly illustrate the advantages of transitioning to electric vehicles, let us examine the variation in CO₂ emissions per kilometer of travel.

Figure 1 presents a comparison of emissions produced by internal combustion engine (ICE) vehicles and electric transport.

Such a reduction is of critical importance for large cities, where traffic density is high and the issue of air pollution becomes particularly acute. The adoption of electric transport not only contributes to lowering greenhouse gas emissions but also enhances the quality of life, reduces healthcare expenditures, and minimizes costs associated with environmental restoration.

These types of energy not only reduce the burden on the atmosphere but also promote the decentralization of energy systems, which is particularly important for environmentally vulnerable regions.

Modern transport solutions are grounded in advanced data analysis. The use of GPS navigation, Big Data technologies, and adaptive control systems enables the optimization of urban

traffic flows. Environmentally friendly routing and congestion forecasting systems contribute to greater transport efficiency, reduced energy consumption, and minimized environmental impact.

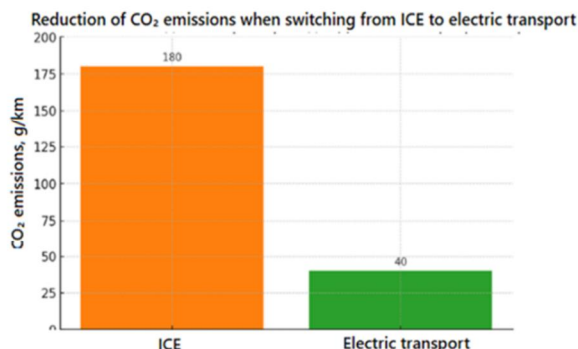


Fig. 1. Reduction of CO₂ Emissions During the Transition from Internal Combustion Engine Vehicles to Electric Transport.

Continuous data collection on air quality and transport-related pollution plays a decisive role in shaping urban environmental policy. The integration of stationary sensors, mobile platforms, and unmanned aerial vehicles (drones) into monitoring systems enables real-time analysis of the ecological situation. This data serves as a basis for implementing traffic restrictions in areas with critical levels of pollution.

Modern cities are actively implementing urban solutions focused on sustainable development. The construction of bicycle infrastructure, the expansion of pedestrian zones, and the use of environmentally safe materials in road construction contribute to the formation of a new mobility culture. Through multimodal transport systems, urban residents are provided with more opportunities for movement with a minimal ecological footprint.

Despite the obvious advantages of implementing green transportation technologies, this process is accompanied by several barriers, including:

- legislative barriers – not every country has clear regulations regarding green transport.
- financial issues – infrastructure modernization is costly, and not all cities are willing to invest in such changes;
- technical limitations – charging stations, advanced technologies, and developed digital services are not available everywhere;
- societal attitude – the need to change the transportation behavior of the population.

Despite the challenges, the development of ecological mobility is gaining momentum. Global funding programs, innovations in battery technologies, and the spread of digital services are helping to reduce barriers to the mass adoption of green transport. A generation focused on sustainable development is increasingly choosing alternative modes of transportation, thus shaping a new mobility culture.

Thus, ecological modernization of transport is not only a technical process but also a social phenomenon that transforms cities, economies, and the daily lives of people.

References

1. IEA (2023). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*. International Energy Agency. <https://www.iea.org>
2. Banister, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
3. European Environment Agency (2022). *Transport and environment report 2021: Decarbonising road transport – the role of vehicles, fuels and transport demand*. <https://www.eea.europa.eu>

4. Litman, T. (2021). *Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute.
5. European Commission (2020). *A European Strategy for Low-Emission Mobility*. <https://ec.europa.eu>
6. Litman, T. (2022). *Smart Transportation Strategies for Sustainable Cities*. Victoria Transport Policy Institute.
7. Givoni, M., & Banister, D. (2013). *Moving Towards Low Carbon Mobility*. Edward Elgar Publishing.
8. UNECE (2021). *Intelligent Transport Systems and their impact on emissions*. <https://unece.org>
9. Hasan, S., & Ukkusuri, S.V. (2014). *Urban activity pattern modeling using big data from mobile phone*. *Transportation Research Part C*, 44, 212–226.
10. German Federal Government (2020). *Climate Action Programme 2030*.

УДК 656.2

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ РОЗПОДІЛУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ ШТАКЕЛЬБЕРГА

IMPROVEMENT OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE CAPACITY ALLOCATION MECHANISM BASED ON THE USE OF THE STACKELBERG MODEL

Дмитро Харченко, Андрій Прохорченко

Український державний університет залізничного транспорту

The necessity of introducing a transparent mechanism for allocating throughput capacity in the course of reforming JSC 'Ukrzaliznytsia' is emphasised. The use of a mechanism based on the Stackelberg model, as well as the process of distribution of schedule lines, is proposed. The criteria for the optimality of the timetable line (depending on the type of transportation) are determined.

Процес вступу України до Європейського Союзу (ЄС) передбачає проведення комплексних заходів з реформування різних галузей країни у відповідності до вимог нормативно-правових актів ЄС. Однією з основних галузей, яка потребує реформування – організаційна структура залізничної системи України. Кінцевим результатом імплементації Директив та Регламентів ЄС (зокрема 91/440/ЄС [1], 2001/14/ЄС [2], 2012/34/ЄС [3], 2016/545 [4]) в роботу залізничного транспорту України є створення відкритого ринку перевезень, а також впровадження відкритого (недискримінаційного) доступу до залізничної інфраструктури (англ. open access) для приватних залізничних компаній. Фундаментальною основою для запровадження такого доступу є відокремлення функцій з управління інфраструктурою від функцій безпосереднього надання послуг з перевезень.

В сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України реформування передбачає організаційне розділення національного монопольного залізничного перевізника АТ «Укрзалізниця» на холдинг з дочірніми підприємствами з допуском третіх сторін до перевезень [5]. В таких умовах особливо актуальне впровадження механізму пропускної спроможності, який забезпечить ефективний та недискримінаційний розподіл наявних інфраструктурних ресурсів під час розробки графіку руху поїздів.

Останні дослідження свідчать, про те, що незважаючи на значне регулювання процесу розподілу пропускної спроможності нормативно-правовими актами ЄС, він залишається недосконалим та потребує у перегляді. Одним з шляхів удосконалення механізму розподілу пропускної спроможності запровадження математичної моделі, яка забезпечить недискримінаційний розподіл пропускної спроможності у відповідності до визначених та прозорих критеріїв. Зокрема, в сучасних умовах функціонування перевезень, де пасажирський рух має перевагу над вантажним, доцільне застосування математичної моделі, яка ґрунтується на принципах моделі Штакельберга (англ. Stackelberg model). Відповідно до класичної концепції даної моделі, прийняття рішень відбувається у відповідності до ієрархічної структури, при якій перший обирає свою стратегію певний лідер, а інші (ведені) оптимізують свої дії від його дій [6].

В умовах функціонування залізничного транспорту за моделлю відкритого доступу, під час розподілу пропускної спроможності, перевага надається пасажирським перевезенням, які, у відповідності до моделі Штакельберга, займають роль лідера. Компанії, які здійснюють вантажні перевезення, у свою чергу, є веденими та обирають нитки графіка руху в залежності від дій пасажирських перевізників.

Для коректного застосування механізму розподілу пропускної спроможності на основі моделі Штакельберга у першу чергу необхідно визначити критерії, які характеризують оптимальність обраної нитки для кожного перевізника. Одним з критерієм «оптимальної нитки графіка» є середня дільнична швидкість поїзду. Слід зауважити, що середня дільнична швидкість поїзду лінійно залежить від кількості поїздів, що обертаються на дільниці. Пасажирський перевізник, враховуючи важливість дільничної швидкості для пасажирських перевезень обирає нитки, які забезпечать максимальну середню швидкість, при цьому маючи мінімальну завантаженість залізничної ділянки. У свою чергу, вантажним перевізникам менш важлива середня дільнична швидкість, ніж можливість обрати загальну кількість маршрутів, які забезпечать їх обсяги перевезень. Для регулювання процесу розподілу пропускної спроможності з застосуванням моделі Штакельберга, доцільно використовувати підвищуючі коефіцієнти, які впливають на загальної вартості нитки у графіку руху та залежать від середньої дільничної швидкості, яка забезпечить обрана нитка або рівня завантаженості залізничної інфраструктури.

Отже, під час реформування залізничного транспорту України необхідно особливу увагу звернути саме на запровадженні ефективного та прозорого механізму розподілу пропускної спроможності. Використання моделі Штакельберга в основі даного механізму дозволить визначити чіткий порядок пріоритетності під час продажу ниток графіку руху, а використання змінних коефіцієнтів дозволяє адаптувати вартість обраної нитки у відповідності до стану інфраструктури.

Література

1. Council Directive 91/440/EEC of 29 July 1991 on the development of the Community's railways. Директива ЄС від 29.07.1991 р. №91/440/ЄС. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/440/oj/eng> (дата звернення: 01.05.2025).
2. Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area. Директива ЄС від 21.11.2012 р. №2012/34/EU. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/34/oj/eng> (дата звернення: 01.05.2025).
3. Commission Implementing Regulation (EU) 2016/545 of 7 April 2016 on procedures and criteria concerning framework agreements for the allocation of rail infrastructure capacity. Регламент ЄС від 08.04.2016. №2016/545. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2016/545/oj/eng (дата звернення: 01.05.2025).
4. Прохорченко А. В. Залізничні системи з вертикальним розділенням. Європейська модель. Дніпро: Ліра, 2022. 316 с.
5. Stackelberg competition. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stackelberg_competition (дата звернення: 01.05.2025).

УДК 656.135.073

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДІВ ТИМЧАСОВОГО ЗБЕРІГАННЯ В УКРАЇНІ

FEASIBILITY STUDY OF THE OPERATION OF TEMPORARY STORAGE WAREHOUSES IN UKRAINE

Наталія Лужанська, Яна Волинець

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

The paper examines the advantages and disadvantages of the operation of temporary storage warehouses in Ukraine. A comparative analysis of the operation of temporary storage warehouses and customs warehouses is carried out.

Склад тимчасового зберігання (СТЗ) – це об’єкт митної інфраструктури, призначений для короткострокового зберігання вантажів, які перебувають під митним контролем, до моменту їх митного оформлення (максимально – 90 днів) [1].

Розміщення вантажу на складі тимчасового зберігання, що розташований на території вантажного митного комплексу здійснюється за такою процедурою:

- укладення договору про обслуговування;
- оплата послуг вантажного митного комплексу;
- прибуття транспортного засобу;
- отримання перепустки на в’їзд транспортного засобу;
- ваговий контроль транспортного засобу при прибутті на територію вантажного митного комплексу;
- підтвердження доставки вантажу;
- підготовка документів від імпортера з проханням про розміщення вантажу на складі тимчасового зберігання;
- отримання дозволу від митного органу на розміщення вантажу на складі тимчасового зберігання;
- розміщення вантажу на складі;
- печатка митного органу на документах;
- випуск транспортного засобу з вантажного митного комплексу.

Перевагами діяльності складів тимчасового зберігання в Україні є такі чинники:

- дозвіл зберігання вантажів у разі затримки митного оформлення;
- забезпечення збереження вантажів під контролем;
- можливість уникнення штрафів у разі проблем з документами;
- гнучкість у логістичних ланцюгах;
- відносно невеликі стартові інвестиції в порівнянні з митними складами;
- швидке оформлення та запуск СТЗ у порівнянні з іншими видами логістичних об’єктів;
- підвищення прозорості та контролю над імпортно-експортними операціями.

До недоліків можна віднести:

- обмежений термін зберігання (до 90 днів);

- додаткові витрати на зберігання, охорону, оформлення документів;
- неможливість використання товару до митного оформлення;
- потреба в дотриманні суворих митних процедур;
- обмеження на проведення з товаром будь-яких комерційних чи виробничих операцій під час зберігання.

Функціонування СТЗ є доцільним, оскільки вони необхідні для забезпечення гнучкого, безпечного та ефективного митного контролю. СТЗ дозволяють знизити ризики простоїв і фінансових втрат у випадках, коли вантаж не може бути оформлений одразу після прибуття, що особливо актуально в умовах непередбачуваних затримок або проблем із документами. На основі порівняльної характеристики складів тимчасового зберігання та митних складів (табл. 1) можна зробити висновок про конкурентні переваги СТЗ у сфері оперативної логістики та інфраструктурної доступності.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика складів тимчасового зберігання та митних складів

Показник	Склади тимчасового зберігання (СТЗ)	Митніклади
Цільове призначення	Тимчасове зберігання до митного оформлення	Довгострокове зберігання під митним контролем
Термін зберігання	До 90 днів	Від 3 місяців до 3 років
Необхідність отримання ліцензії	Так	Так
Рівень технічного оснащення	Середній	Високий (часто з охороною, кліматом тощо)
Початкові інвестиції (орієнтовно)	25 000–50 000 \$	100 000–300 000 \$
Площа	100–500 м ²	500–3000 м ²
Цільова аудиторія	Малі та середні компанії, які часто імпортують/експортують	Виробничі підприємства, логістичні оператори
Гнучкість у розміщенні	Висока (можуть бути біля митниць, ТЦ, терміналів)	Обмежена через великі вимоги, нерівномірне розташування за регіонами України
Окупність проекту	2–3 роки	4–6 років

На основі порівняльних характеристик СТЗ і митних складів можна зробити висновок про високу доцільність функціонування СТЗ в сучасних умовах. З погляду попиту на послуги, СТЗ є більш привабливими для малого та середнього бізнесу, який здійснює регулярні імпортно-експортні операції, але не має потреби у довгостроковому зберіганні або значних інвестиціях у митну інфраструктуру. Короткий термін зберігання (до 90 днів) є достатнім для більшості торговельних і логістичних операцій, а висока гнучкість у розміщенні дозволяє розміщувати СТЗ поблизу транспортних вузлів, митниць та логістичних терміналів.

З точки зору інвестиційної привабливості, СТЗ характеризуються відносно низьким порогом входу – початкові інвестиції становлять у середньому від 25000 до 50000 \$. Це робить їх доступними для широкого кола підприємств. Крім того, окупність проекту становить приблизно 2–3 роки, що є привабливим показником для інвесторів, особливо в умовах обмеженої капіталізації або нестабільного середовища. Також СТЗ мають середній рівень технічного оснащення, що дозволяє забезпечити базову безпеку, контроль і збереження вантажів без надмірних витрат на інфраструктуру. Обов'язковість ліцензування гарантує дотримання стандартів і прозорість у роботі з митними органами.

Таким чином, склади тимчасового зберігання є ефективним інструментом як з точки зору оперативного вирішення логістичних завдань, так і як інвестиційно вигідний бізнес-формат для підприємців у сфері зовнішньої торгівлі. Їх розвиток сприяє підвищенню гнучкості митної інфраструктури, оптимізації товарообігу та створенню нових можливостей для малого і середнього бізнесу в Україні.

Література

1. Лужанська Н.О. Підвищення ефективності діяльності вантажних митних комплексів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Київ, 2021. 205 с.

УДК 331.101.1

ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ВІЗУАЛЬНОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ТРАНСПОРТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

ERGONOMIC ANALYSIS OF VISUAL COMMUNICATION MEANS IN THE TRANSPORT ENVIRONMENT

Владислав Голомисов

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери 12, Львів, Україна, 79000*

The effectiveness of visual communication plays a significant role in ensuring the safety of modern transport systems. Safety depends on the effective and rapid perception of information by a person in the "man-machine-environment" system. The paper analyzes cognitive, age, gender, and resource differences in the perception of information by people in the transport environment and identifies the main ergonomic requirements for its presentation.

Значну роль у забезпеченні безпеки сучасних транспортних систем відіграє ефективність візуальної комунікації. Безпека залежить від ефективного та швидкого сприйняття інформації людиною в системі «людина-техніка-середовище», що передається через дорожні знаки, панелі приладів автомобілів та інформаційні дисплеї [1]. Неправильне використання засобів візуальної інформації призводить до підвищення когнітивного навантаження, знижує швидкість реагування та в цілому до помилок людини-водія [1-4]. Актуальним є аналіз, які характеристики шрифтів сприяють швидкому та безпомилковому сприйняттю інформації водіями, і як можна покращити дизайн дорожніх знаків та автомобільних інтерфейсів для підвищення безпеки. Візуальні можливості людини досить обмежені та змінюються у широкому діапазоні. Це вносить суттєві зміни у процес візуальної передачі інформації в транспортному середовищі. Враховуючи, що існують безліч чинників що впливають на сприйняття інформації, завданням роботи є проаналізувати когнітивні, вікові, гендерні та ресурсні відмінності у сприйнятті людьми інформації в транспортному середовищі та відокремити головні ергономічні вимоги до її подання. Тож, метою дослідження є ергономічний аналіз засобів візуальної комунікації в транспортному середовищі.

Психофізіологічні, когнітивні та психологічні аспекти сприйняття інформації людиною в транспортному середовищі. Людське сприйняття візуальної інформації змінюється залежно

від багатьох чинників: віку, фізіологічних особливостей, когнітивного стану, психологічного фону та чинників навколишнього середовища [5, 6]. Розглянемо основні особливості сприйняття людиною інформації в транспортному середовищі.

Особливості зору людини такі, що у темряві гострота зору знижується, тому критично важлива висока контрастність інформації (наприклад, білі або жовті знаки на темному фоні). Люди похилого віку часто мають знижену здатність до адаптації між світлом і темрявою, тому освітлення в міському середовищі повинно бути рівномірним. Людське поле зору приблизно 180° горизонтально і 135° вертикально, але зона найкращого бачення обмежена кутом 30–40°. Інформація, розташована поза цим кутом, потребує більших елементів і яскравих кольорових акцентів для привернення уваги

Швидкість обробки візуальної інформації та ідентифікації об'єкта дорівнює приблизно 0.25 секунди. Людський мозок обробляє зображення у 60 000 разів швидше, ніж текст. Мозок групує елементи за схожістю, близькістю, замкнутістю. Контраст і повторення допомагають підсилити сприйняття повідомлення. У разі хаотичного чи шумового ефекту подання інформації у людини виникає когнітивне перевантаження. Має значення також форма. Круглі елементи викликають почуття дружелюбності та гармонії. Гострі кути створюють асоціацію з небезпекою або агресією. Симетричні об'єкти викликають відчуття гармонії, упорядкованості.

Цікаво, що доведено існування навіть гендерних та вікових відмінностей у сприйнятті шрифтів [7, 8]. Молоді водії (18–35 років) мають значно швидшу реакцію, але більше відволікаються на рекламу. Діти (пішоходи) не звертають уваги на текст, реагують на образи, кольори. Молоді водії більш стійкі до «візуального шуму». Добре сприймають логотипи, візуальні патерни, швидко розпізнають інформаційні символи. При русі на швидкості 120 км/год водій має 1.5 секунди, щоб побачити знак і зреагувати. Водії 50+ років повільніше обробляють інформацію, гірше сприймають низький контраст, але мають більш стійку увагу. В цій віковій категорії більше людей із порушеннями зору, для яких важливим є контраст – чорно-білі або жовто-чорні контрастні знаки. Жіноче сприйняття візуальної інформації відрізняється від чоловічого через біологічні, когнітивні та психологічні особливості. Дослідження [6, 7] показали, що жінки більш позитивно реагують на декоративні та емоційно виразні шрифти, тоді як чоловіки – на суворі, рівні та чіткі форми. Наприклад, старше покоління (50+ років) віддають перевагу чітким, класичним шрифтам (Times New Roman, Garamond, Georgia) та уникають надто декоративних і рукописних шрифтів, що ускладнюють читання. Молоде покоління (Millennials, Gen Z) віддають перевагу мінімалістичним (Montserrat, Avenir, Poppins), та нестандартним шрифтам (Brush Script, Neon, Display Fonts).

Проблема візуального перевантаження пов'язана зі станом, коли інформації в полі зору стає надто багато, що ускладнює її сприйняття. Великий обсяг інформації, кольорів, графічних елементів або текстів зливається в єдине поле, роблячи окремі об'єкти складними для сприйняття. Основні причини візуального перевантаження – надлишок текстової інформації; одночасне використання багатьох рекламних площин із яскравими елементами, що конкурують між собою; неоптимальне використання кольорів, їх поєднання, відсутність контрасту або навпаки використання надмірно яскравих кольорів; використання шрифтів, що важко читаються на швидкості або на відстані; анімовані та мерехтливі елементи, що відволікають увагу водіїв. Усе це створює ефект «візуального шуму», що впливає на якість та безпеку життя людини.

Основні ергономічні принципи візуальної комунікації у дорожній навігації базуються на уникненні візуального перевантаження та забезпечення читабельності тексту [8, 9] (рис. 1).



Рис. 1. Основні принципи візуальної комунікації у дорожній навігації

Особливості сприйняття інформації різними групами людей з інвалідністю. За даними Державної служби статистики в Україні станом на 1 січня 2022 р. налічувалося 2,7 млн людей з інвалідністю (в тому числі 160 тисяч дітей з інвалідністю у віці до 18 років) або 6,6% у структурі населення України. Тож надзвичайно важливим є створенням інклюзивного транспортного середовища.

Для людей з порушенням зору ключовим принципом є контрастність. Зокрема, найпоширеніший вид дихроматизму як порушення зору – червоно-зелений дальтонізм. Заборонено використовувати червоний та зелений як єдиний спосіб позначення інформації. Для людей з повною або частковою сліпотою необхідні спеціальні заходи, як наприклад, використання тактильних знаків, рельєфних вказівників, звукових маячків у навігації. Рекомендується використовувати форми, текстури, іконки замість одного лише кольору. Люди з порушенням слуху сприймають інформацію переважно візуально, що накладає особливі вимоги до подання візуальної інформації. Яскраві візуальні сигнали, миготливі вогні або піктограми допомагають привернути увагу. Для орієнтації в просторі людей з когнітивними порушеннями необхідно застосування спрощеної текстової інформації, логічних і структурованих текстів з використанням простих шрифтів. Такі люди краще сприймають інформацію через піктограми, символи та іконки. Необхідним є використання простих схем та мінімалізму без перевантаження візуальними елементами. Для забезпечення особливих потреб обов'язковим є логічна структура навігації. Уникнення складних багаторівневих меню та використання простих інструкцій у зрозумілій послідовності, використання візуальних підказок. Узагальнено код інклюзивного дизайну – це контрастність, зрозумілість, інтуїтивність, альтернативність (для особливих потреб – аудіо для незрячих, субтитри для глухих, прості піктограми для людей з когнітивними порушеннями).

В безпеці існує правило, що доведене емпірично: безпека коштує дорого, але не використання засобів безпеки обійдеться значно дорожче. Часто ціною є життя. Вибір засобів та технологій візуальної подачі сигнальної інформації в транспортному середовищі безпосередньо

впливає на безпеку руху. Чіткі, контрастні та оптимізовані для швидкого сприйняття елементи візуальної комунікації дозволяють зменшити час реакції водія, що знижує ризик аварійних ситуацій. Надзвичайно важливим напрямком є створення інклюзивного транспортного середовища. Окрім цього, загальна світова тенденція до старіння населення вимагає врахування особливостей віку в розробці засобів забезпечення безпеки в транспортному середовищі. Важливим також є дослідження особливостей психологічного сприйняття інформації в транспортному середовищі серед різних груп водіїв (за віком, статтю, досвідом, функціональним станом, станом зору тощо). Перспективним напрямком є адаптивна ергономіка, зокрема конкретно розробка адаптивних цифрових шрифтів та засобів подання інформації, які можуть змінювати параметри відповідно до зовнішніх умов (наприклад, нічний режим). В цілому такі дослідження сприйняття людиною інформації в системах підвищеної небезпеки, як то транспортні, може стати важливим кроком до підвищення безпеки дорожнього руху і загальної безпеки в суспільстві.

Література

1. Солодухіна Е., Звенігородський Л., Зінченко А., Голіус В., Левадний О. Концепції дизайну візуальних комунікацій у міському середовищі. *Вісник Львівської національної академії мистецтв*. 2021. Вип. 46.
2. Бережна О. Б., Андрющенко Т. Ю. *Типографіка: навчальний посібник*. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. 125 с.
3. Graham L. *The Principles of Interactive Design*. New York, NY: Delmar Publishing, 1999. 225 p
4. Асс Е. В. *Дизайн в контексті міського середовища: деякі теоретичні та творчі проблеми*. 1981
5. Parasuraman R., Riley V. *Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse*. *Human factors*. 1997. Vol. 39, no. 2. P. 230-253. DOI: <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>.
6. Fedota J. R., Parasuraman R. *Neuroergonomics and human error. Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 2010. Vol. 11, no. 5. P. 402-421. DOI: <https://doi.org/10.1080/14639220902853104>.
7. Bernard M. L. *The Effects of Font Type and Size on the Legibility and Reading Time of Online Text by Older Adults*. March 2001. DOI: 10.1145/634067.634173.
8. Скляренко Н. В., Варич О. О. *Історія формування змісту засобів візуальної навігації*. *Вісник ХДАДМ*. 2009. № 6.
9. Чемакіна О. В., Рубцов А. Л., Свірко В. О., Олійник О. П., Акімова Л. М., Кузьмін О. В. *Дизайн систем візуальної інформації: навчальний посібник / За заг. ред. В. О. Свірка*. Херсон: Олді-плюс, 2019. 200 с.

УДК 629.33

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ: ЕКОЛОГІЧНИЙ КОНТЕКСТ

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RAIL TRANSPORT: ENVIRONMENTAL CONTEXT

Олена Сорочинська

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

The article considers the environmental aspect of sustainable development of railway transport in the context of modern global challenges.

У сучасних умовах глобальних екологічних викликів сталий розвиток транспорту є пріоритетом державної та міжнародної політики. Залізничний транспорт розглядається як один із найбільш енергоефективних і екологічно безпечних способів перевезень. Його ключовими перевагами є низький рівень викидів парникових газів на одиницю перевезення та потенціал до широкої електрифікації, що дозволяє значно знижувати екологічне навантаження у порівнянні з автомобільним або авіаційним транспортом.

Попри позитивні характеристики, функціонування залізничного транспорту супроводжується низкою екологічних проблем. До основних належать: шумове забруднення, локальне забруднення ґрунтів і вод, фрагментація природних ландшафтів, забруднення атмосферного повітря, а також зношеність частини рухомого складу та інфраструктури. Відсутність достатнього екологічного моніторингу та повільне впровадження інноваційних технологій стримують перехід до сталих рішень у галузі.

Сталий розвиток залізничного транспорту є важливою складовою екологічної трансформації транспортної системи загалом. Завдяки високій енергоефективності та потенціалу до екологізації, залізниця здатна стати ключовим елементом у зменшенні негативного впливу на довкілля. Проте досягнення цієї мети потребує комплексного підходу, що включає технічну модернізацію рухомого складу, розширення електрофікованих ділянок, використання відновлювальних джерел енергії, екологічний моніторинг, впровадження новітніх технологій та відповідну нормативно-правову базу. Інтеграція принципів сталого розвитку у функціонування залізничного транспорту дозволить не лише підвищити екологічну безпеку, але й сприятиме соціально-економічному зростанню у довгостроковій перспективі. Залізничний транспорт має значний потенціал у забезпеченні сталого розвитку, за умови його цілеспрямованої екологізації.

Крім технічної модернізації, важливу роль у забезпеченні сталого розвитку залізничного транспорту відіграє екологічна політика держави та участь у міжнародних ініціативах. Держава має створювати сприятливі умови для інвестування в «зелені» технології, стимулювати дослідження у сфері екологічної безпеки транспорту та впроваджувати екологічні стандарти для залізничних перевізників.

Не менш важливою є й соціальна складова сталого розвитку. Підвищення екологічності залізничного транспорту сприяє покращенню якості життя населення, зниженню рівня забруднення повітря у містах та збереженню природних екосистем. Таким чином, сталий

розвиток залізничного транспорту – це багатовимірне завдання, яке потребує узгоджених дій на технологічному, нормативному й суспільному рівнях.

Література

1. *Race to Zero. Climate Champions.* <https://climatechampions.unfccc.int/>
2. *Paris Agreement turning point / Climate Action Tracker, December 2020. Available at: https://climateactiontracker.org/*
3. *UN General Assembly Resolution No. 45/212. Available at: https://undocs.org/ru/A/RES/45/212*
4. Бакуліч О.О., Кіс О.Р., Занора В.О. Тенденції управління екологічними ризиками транспортних проектів. Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. № 56. 2020. – С. 62 – 69.

УДК 004.94

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГІРА ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ

USE OF GYRE METHODS IN PROCESS MODELING

Вячеслав Васильєв, Максим Терновий

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

It is proposed to analyze the processes occurring in a transformer by considering models that use the Gier method. The regions of absolute stability and local error coefficients are found.

В схемах живлення силових мереж метрополітену використовуються трифазні силові і тягові трансформатори з сухою ізоляцією потужністю до 2500 кВА. Для діагностики окремих показників якості тягових трансформаторів необхідна розробка методики діагностування наявності дефектів в ізоляції трифазних сухих трансформаторів тягових підстанцій метрополітену в умовах експлуатації та для початкового вхідного контролю.

Для вирішення завдання аналізу процесів, що відбуваються в трансформаторі і синтезу випробувального устаткування, розглянемо моделі, в яких пропонується використовувати метод Гіра [1,2], у загальному вигляді:

$$x_{n+1} = \sum_{j=0}^{p-1} a_j x_{n-j} + h b_{-1} \cdot f(t_{n+1}, x_{n+1}), \quad (1)$$

де p – порядок методу.

Для вирішення систем диференціальних рівнянь отримані формули для методу Гіра, які наведені у табл. 1.

Основними вимогами, що пред'являються до чисельних методів, є: стійкість (захищеність від накопичення методичної помилки і помилки округлення) і точність, які впливають на вибір величини кроку і порядку методу. В явних методах вибір величини кроку пов'язаний більше з забезпеченням стійкості і досягненням точності, в неявних (стійких) – із забезпеченням заданої абсолютної і відносної точності. Крім того, так як при розрахунку електричних кіл системи, володіють властивістю жорсткості, бажано використовувати методи, що володіють властивістю жорсткої стійкості.

Таблиця 1

Формули для методу Гіра

Порядок	Формула
1	$x_{n+1} = x_n + h[f(x_{n+1}, t_{n+1})];$
2	$x_{n+1} = \frac{4}{3}x_n - \frac{1}{3}x_{n-1} + h\left[\frac{2}{3}f(x_{n+1}, t_{n+1})\right];$
3	$x_{n+1} = \frac{18}{11}x_n - \frac{9}{11}x_{n-1} + \frac{2}{11}x_{n-2} + h\left[\frac{6}{11}f(x_{n+1}, t_{n+1})\right];$
4	$x_{n+1} = \frac{48}{25}x_n - \frac{36}{25}x_{n-1} + \frac{16}{25}x_{n-2} + \frac{3}{25}x_{n-3} + h\left[\frac{12}{25}f(x_{n+1}, t_{n+1})\right];$
5	$x_{n+1} = \frac{300}{137}x_n - \frac{300}{137}x_{n-1} + \frac{200}{137}x_{n-2} + \frac{75}{137}x_{n-3} + \frac{12}{137}x_{n-4} + h\left[\frac{60}{137}f(x_{n+1}, t_{n+1})\right];$
6	$x_{n+1} = \frac{360}{147}x_n - \frac{450}{147}x_{n-1} + \frac{400}{147}x_{n-2} + \frac{225}{147}x_{n-3} + \frac{72}{147}x_{n-4} - \frac{10}{147}x_{n-5} + h\left[\frac{60}{147}f(x_{n+1}, t_{n+1})\right]$

Для знаходження областей абсолютної стійкості розглядається тестове рівняння:

$$\dot{x} = \lambda x, \quad x(0) = 1. \quad (2)$$

Це пов'язано з тим, що будь-який лінійне рівняння може бути зведене до тестового лінійної заміною змінних, а замість нелінійного рівняння можна розглянути наближене $\dot{x} = \frac{\partial f}{\partial x}(x_o)x$, де $\frac{\partial f}{\partial x}(x_o)$ – якобіан. λ – в загальному випадку, комплексне число. Далі, якщо ввести в розгляд $\sigma = \lambda h$, то можна знайти області абсолютної стійкості, які для методів Гіра різного порядку представлені на рис. 1.

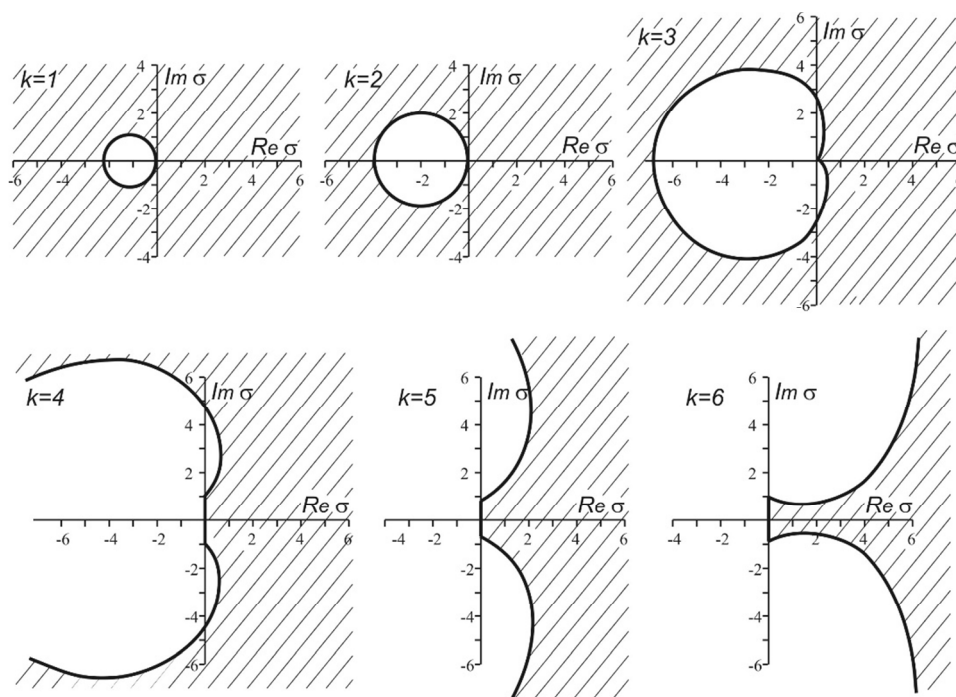


Рис. 1. Области абсолютної стійкості сімейства методів Гіра k -го порядку ($k = 1 \dots 6$).

Область абсолютної стійкості заштрихована. При одному і тому ж кроці зі збільшенням порядку підвищується точність методу, але звужується область абсолютної стійкості.

Подання локальної помилки ε_T методів Гіра визначається формулою:

$$\varepsilon_T = C_k x^{*(k+1)}(\tau), \quad t_n < \tau < t_{n+1}, \quad (3)$$

де k – порядок методу; x^* – точне рішення;

$$C_k = \frac{1}{(k+1)!} \left(k^{k+1} - \sum_{j=0}^{k-2} a_j (k-1-j)^{k+1} - b_{-1} (k+1) k^k \right). \quad (4)$$

Значення C_k наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення C_k

Порядок	1	2	3	4	5	6
C_k	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{2}{9}$	$-\frac{3}{22}$	$-\frac{12}{125}$	$-\frac{10}{137}$	$-\frac{60}{1029}$

Література

1. Gear C. W. *Numerical initial value problems in ordinary differential equations*. – New Jersey : Printice, 1971. – 253 с.
2. Hairer E., Norsett S. P., Wanner G. *Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff and Differential-Algebraic Problems*. Berlin: Springer-Verlag, 1993. – 528 с.

УДК 343.711.4

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОХОРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

UPGRADESECURITYSYSTEMSFORAUTOMOBILETRANSPORT

Сергій Нестеренко

Національний аерокосмічний університет «ХАІ»
м.Харків, вул. Вадима Манька, 17, Україна 61070

Висвітлено проблему збереження автомобільного транспорту від злому та викрадення. Розглянуто пристрої електронного зламу радіоканальних автомобільних сигналізацій. Запропонований пристрій для доповнення існуючих автомобільних сигналізацій, який захистить їх від електронного злому.

В Україні щодня викрадають десятки автомобілів. Зловмисників не зупиняють новітні протиугінні системи, адже вони постійно винаходять нові схеми і хитрощі, які дозволяють заволодіти транспортним засобом [1]. В зоні ризику як легкові так і вантажні автомобілі.

Допомогти зберегти автомобіль і вантаж покликані електронні системи охоронної сигналізації.

Основні вимоги яким повинна задовольняти сучасна система охорони і сигналізації автомобільного транспорту: мати способи контролю охоронних зон автомобіля, захищеність від електронного злому, сервісні функції, функції запуску двигуна, функції GSM/GPS, функ-

цію самодіагностики та індикації режимів роботи, функції визначення місця розташування і контролю переміщення автомобіля.

Автосигналізація лише сигналізує про спробу викрадення – але це пасивний захід оборони. При цьому найбільш слабка ланка будь-якої автосигналізації – це алгоритм кодування, який використовується для керуючого сигналу. Мова йде про ті дані, які передаються брелоком у керуючий блок, що перебуває в автомобілі. Цей сигнал являє собою просто радіочастотний імпульс. Перехоплення його – проста справа. Викрадачі викор

автомобіль незахищений.

Хоча проектанты автосигналізацій розробляють нові способи захисту автомобіля від крадіжки, викрадачі намагаються знайти способи обійти їх. Ця нескінченна гонка триває довгий час. Найновіші системи, як правило, ефективні протягом короткого часу після потрапляння їх у продаж. Потім викрадачам вдається зламати їх. Поява кодграбберів – це не що інше, як результат появи автосигналізацій.

Кодграббер – це пристрій, який призначений для перехоплення сигналу між блоком, який дає команду та блоком управління, а також для подальшого злому сигналізації. У процесі вдосконалення цих пристроїв з'явилися різноманітні кодграббери: алгоритмічні кодграббери, пристрої для перехоплення статичних кодів та які працюють за принципом кодпідміни[2].

Для унеможливлення дії будь-якого кодграббера на сигналізацію був розроблений антикодграббер «Бар'єр» (Рис1). Це досягається тим, що цей пристрій після постановки автомобіля на охорону блокує центральний замок і стартер. Блок управління сигналізації приймає сигнал від кодграббера викрадача, але не реагує на нього тому, що центральний замок і стартер відключені. Запрацюють вони тільки після того, як автовласник зніме автомобіль з сигналізації.

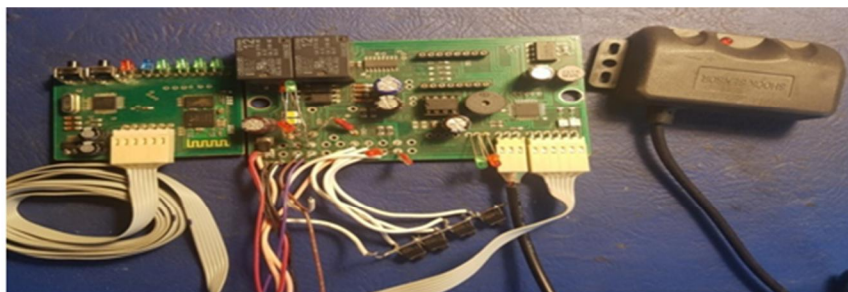
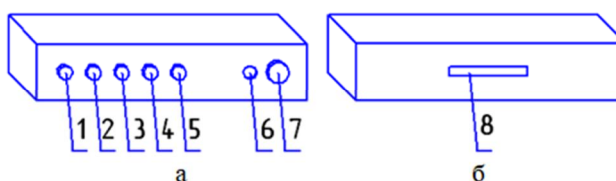


Рис.1. Антикодграббер «Бар'єр» без корпусів

Пристрій складається із трьох компонентів : основного блоку (приймача); GSM телефона з функцією Bluetooth (передавача, далі ключа); блока комутації.

Основний блок призначений для приймання сигналів переданих ключем і керування центральним замком і стартером автомобіля через блок комутації (рис.2).



- вид спереду, б – вид позаду (1 – індикатор ключа №1;
2 – індикатор ключа №2; 3 – індикатор ключа №3; 4 – індикатор режимів; 5 – індикатор пошуку
ключів; 6 – кнопка реєстрації ключів; 7 – кнопка вмикання пристрою;
8 – роз'єм підключення до блоку комутації)

Блок комутації (рис. 3) призначений для керування центральним замком і стартером автомобіля, використовуючи сигнали основного блоку.

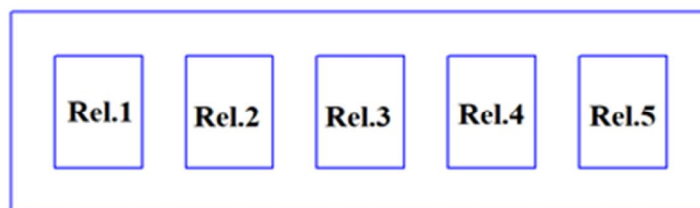


Рис. 3. Блок комутації (Rel. 1 – реле блокування центрального замка; Rel. 2 – реле зміни полярності (відкрито / закрито); Rel. 3 – реле подачі імпульсу, Rel. 4 – реле акустичного сигналу авто сигналізації; Rel.5 – реле блокування стартеру) .

Для запису коду ключів (допускається використання до 3х ключів) служить кнопка 6 (рис.4). Для запобігання несанкціонованого запису сторонніх ключів кнопка виконана прихованою.

Для натискання на кнопку необхідно акуратно вставити тонку спицю в отвір корпусу пристрою і легким натиском на спицю добитися спрацьовування кнопки 6 (рис.4).



Рис. 4. Запис коду ключів

При записі кодів усі ключі повинні розташовуватися поблизу пристрою. З метою запобігання захвату пристроєм сторонніх ключів необхідно щоб поблизу їх не було. Після включення пристрою за допомогою кнопки 7 необхідно короткочасно натиснути кнопку 6. Ключі пропишуться автоматично. Про це буде свідчити спочатку загоряння індикатору 4, потім загоряння індикаторів 1,2,3 у залежності, скільки ключів прописується. Якщо біля пристрою буде перебувати більше 3х ключів, запис не відбудеться, при цьому індикатори 1,2,3 світяться не будуть. При перезаписі пристрою на інші ключі попередні будуть вилучені автоматично.

Робота заснована на переміщенні ключа відносно пристрою. Зона покриття пристрою 10 метрів. При знаходженні ключа в зоні покриття увімкненого пристрою автосигналізація працює в штатному режимі. Центральний замок і блокування стартеру керуються автосигналізацією. При переміщенні ключа за зону дії пристрою керування центральним замком і блокуванням стартеру від автосигналізації передається пристрою.

У цьому випадку пристрій ізолює центральний замок і стартер автомобіля від впливу кодграббера. І як наслідок зловмисник озброєний кодграббером не може відкрити автомобіль і зробити запуск двигуна.

При поверненні ключа в зону дії пристрою функції керування центральним замком і стартером переходять до автосигналізації.

У випадку знаходження в зоні покриття одночасно декількох ключів пристрій працює з одним з них. При виході із зони покриття працюючого ключа, пристрій зв'язується з наступним, прописаним у його пам'яті ключем. У випадку виходу із зони покриття всіх прописаних у пам'яті ключів пристрій переходить у режим охорони.

Пристрій надає додаткову послугу з відкриття центрального замка в момент входу ключа в зону покриття і його закриття при виході ключа із зони покриття. Відкриття і закриття дверей автомобіля центральним замком сигналізується звуковим сигналом. У випадку якщо автосигналізація не була увімкнута брелоком пристрій самостійно закриває і блокує центральний замок і стартер.

Література

1. Викадали речи з автівок за допомогою кодграббера...URL:https://khar.gp.gov.ua/ua/news.html?_m=publications&_t=rec&id=306944
2. Що таке кодграбер і чи можна від нього захистити свій автомобіль.URL:<https://sw.org.ua/aksesuari/shho-take-kodgraber-i-chi-mozhna-vid-nogo-zahistiti-svij-avtomobil/>

УДК 629.9.017

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО УТВОРЕННЯ МАТМОТЕЛІВ ПЛАНУВАННЯ, БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

BASIC APPROACHES TO CREATING MATMOTELS FOR PLANNING, CONSTRUCTION AND OPERATION OF TRANSPORT SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Михайло Тараненко, Наталія Кобріна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків, вул. Чкалова, 17, Україна 61070

The paper notes that for targeted optimization of transport systems and technologies, it is necessary to create mathematical models of processes and components of systems. Possible structures of a mathematical model for planning and functioning of urban passenger transport systems are given. A similar structure of the model can be used to optimize transport technologies.

Цільова оптимізація транспортних систем та технологій повинна здійснюватися шляхом створення математичних моделей процесів та процедур, що складають суть цих понять.

Систематичні моделі повинні дати можливість контролювати вхідні параметри залежно від цілей.

Транспортні системи та технології мають багато властивостей, які можна оцінити та порівняти з кількісними показниками якості, але далеко не всі властивості формуються такі показники.

Велика кількість властивостей транспортних систем та технологій може бути умовно згрупована підгрупами, які поєднують властивості життєвого циклу, що з'являються на певному етапі або пов'язані з добре відомими елементами систем, наприклад, економічними властивостями або певною природою їх проявів (екологічні, ергономічні тощо). У рамках багатьох властивостей можна розрізнити такі групи: мета, надійність, технологічна система

створення системи, технології машини та механізмів у виробництві та експлуатації, ергономіці, екологічній дружності, естетиці тощо.

Кожна властивість цих груп -це структура, схожа на дерево субсидій декількох рівнянь.

Працювати з великою кількістю кількісних показників властивостей можливе методом кваліметрії [1].

Можлива структура матмоделів управління плануванням транспортної системи міського пасажирського транспорту можлива в роботі [2]. Залежність такого виду:

$$K_{ком} = \sum_{i=1}^n (K_i g_i t_i^{-1} + K_2 g_2 t_2^{-1} + \dots + K_n g_n t_n^{-1}) \cdot n^{-1},$$

де $K_{ком}$ – комплексний кількісний показник якості системи; K_i – групові кількісні показники; g_i – коефіцієнти вагомості груп системи; t_i – тривалість підготовки до функціонування групи системи; n_i – враховувана кількість груп властивостей системи. У цій матмоделі вихідним параметром, що оптимізується, є параметр ком $K_{ком}$.

Він побудований на основі методів кваліметрії, а параметри управління в ньому – коефіцієнти ваги системних груп. Ці коефіцієнти визначаються експертним методом, залежно від цілей оптимізації.

Для підвищення адекватності створених моделей вхідні параметри, які є груповими (1, 2 тощо. рівнів) показники якості субсидій повинні бути кількісними та розмірними або відносними. Вимір показників доцільно бути фізично виправданим. Наприклад, розмірність властивостей "комфарту" – це зворотна енергія або робота. Значення цього значення полягає в тому, що: чим вище комфорт (положення, дія), тим менше енергії витрачається на підтримку стану комфорту.

Використання методу розмірів у його класичному представленні не завжди призводить до адекватності результатів.

Використання безрозмірних показників продуктивності комп'ютери процесу обчислення.

Аналогічна процедура відмови від матмотелів може бути використана для оптимізації транспортних систем, процесів різних етапів циклу ескізу та вибору конкретних елементів технологій та системи транспорту.

Література

1. Azgaldov, Garry G. (2015). *The ABC of Qualimetry Toolkit for measuring the immeasurable* / Garry G. Azgaldov, Alexander V. Kostin, Alvaro E. Padilla Omiste, Ridero. ISBN 978-5-4474-2248-6. http://www.labrate.ru/kostin/20150831_the_abc_of_qualimetry-text-CC-BY-SA.pdf
2. Управління якістю планування міських пасажирських транспортних систем Тараненко М. Є., Мигаль Г.В., Кобріна Н.В., Тараненко І.М. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, Вип. 26, 2024 – С. 17-24 DOI: 10.30977/VEIT.2024.26.0.5

УДК: 504.3

ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ЛЬВОВА ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION LEVELS IN THE CITY OF LVIV CAUSED BY MOTOR VEHICLES

Марія Стець, Юрій Стець

*Автомобільно-дорожній фаховий коледж
Національного університету «Львівська політехніка»
Львів, вул. Личаківська, 2*

This work is an attempt to reflect the ecological situation of the air basin of the city of Lviv. The state of the air pool is formed by a number of factors. Road transport is considered the main polluter of the atmosphere.

У грудні 1988 року історичний центр Львова було внесено до списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, що зобов'язує місто покращувати екологічну ситуацію. Додатковим поштовхом до вивчення теми став світовий досвід розв'язання екологічних проблем, викладений у доповіді «Наше спільне майбутнє» Всесвітньої комісії ООН.

Ця робота є спробою проаналізувати екологічний стан атмосферного повітря у місті Львові. На формування якості повітря впливає ряд чинників, серед яких провідну роль відіграє автомобільний транспорт як основне джерело забруднення.

Автомобільний транспорт відіграє провідну роль у господарській системі країни, сприяючи стабільній роботі як регіональних, так і галузевих ланок економіки. Тісний зв'язок між транспортною діяльністю та екологічним станом особливо помітний на локальному рівні, де на основі конкретних даних можна детально дослідити механізм їх взаємного впливу. Порушення екологічного балансу призводить до низки серйозних проблем, що негативно впливають як на життєдіяльність міста, так і на прилеглі території.

Атмосферне повітря Львова розглядається як результат впливу низки чинників, що зумовлено складною просторовою структурою міста та рівнем господарського освоєння його території. У цій роботі проблема забруднення повітря автомобільним транспортом розкривається з кількох боків, зокрема через взаємозв'язок між повітряним середовищем, людиною та іншими чинниками, які детальніше описано нижче. Сукупність цих елементів визначає унікальний шлях розвитку міста в різні історичні періоди.

Стан атмосферного повітря у Львові значною мірою визначається рівнем урбанізації міського середовища. Статистика демонструє стабільне зростання кількості автомобільного транспорту. Особливо критичною ситуація є в центральній частині міста, зокрема в межах історико-архітектурного заповідника.

Метою дослідження є виявлення рівня забруднення повітря у Львові, спричиненого автотранспортом, та формування рекомендацій для покращення екологічної ситуації в місті.

Об'єкт дослідження – взаємодія між транспортною системою та довкіллям.

Предмет дослідження – стан повітряного середовища Львова як наслідок впливу автомобільного транспорту. Розглядаючи довкілля – середовище проживання людини, найчастіше говоримо про взаємодію двох систем: природної та антропогенної і їх залежність одна від одної. Вихідним поняттям цієї проблеми є навколишнє середовище, яке розглядається

як сукупність матеріальних, природних, антропогенно-природних та антропогенних об'єктів, серед яких людина та людське суспільство існує, задовольняє свої потреби і своєю діяльністю його перетворює.

Розглядаючи вплив автомобільного транспорту на повітряний простір міста, варто зосередитись на забрудненні атмосфери викидами автомобілів. Однак, це лише одна частина проблеми, оскільки довкілля включає не лише повітря, а й інші природні чинники, що взаємно впливають. Тому важливо вивчати проблему в комплексі, оскільки автомобільне забруднення торкається також води, ґрунту та земної кори, що, в свою чергу, негативно позначається на здоров'ї.

Транспорт виділяє токсичні речовини через відпрацьовані гази, створює шум, забруднює ґрунти та водойми через витік палива, сприяє утворенню пилу та шкідливих речовин, що погіршують стан навколишнього середовища та здоров'я людини. Зростання автомобілізації також збільшує споживання кисню і впливає на території з біомасою, що знижує здатність природи відновлювати кисень і ослаблює біохімічні процеси, важливі для

До взаємозв'язку автомобіля з природою відносяться впливи, які негативно відображаються на властивостях природного середовища, і, як продовження зв'язків, вплив послабленого природного комплексу на людину. Безпосередньо на людський організм впливають забруднення атмосферного повітря та шум, який створюється автомобілем.

Визначальне значення в системі негативного впливу автотранспорту на людину має атмосфера, оскільки більшість шкідливих речовин, що виділяються внаслідок функціонування автомобіля, надходять саме в атмосферу. Взаємозв'язок елементів природного середовища – атмосфери, гідросфери, педосфери, літосфери – призводить до загального погіршення геосфери навіть тоді, коли забрудненим є лише один з елементів системи.

На сьогодні автомобільний транспорт Львова є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря. За матеріалами статистичної звітності, викиди пересувних джерел забруднення у 2016 році становили 22,3 тис. тонн (29% обсягу викидів від обласного показника), що у 7 разів перевищувало викиди від стаціонарних джерел забруднення.

Протягом останніх 3 років загальна сума викидів від пересувних джерел забруднення дещо знизилася, проте забруднення атмосфери автомобільним транспортом залишається однією з важливих екологічних проблем міста, особливо з огляду на високу щільність забудови його центральної частини, вузькі середньовічні вулиці тощо. Загальна кількість підприємств, які були платниками збору за забруднення атмосферного повітря у Львові від пересувних джерел, у 2016 році становила 3042 (у районах міста: Залізничний – 940, Франківський – 810, Шевченківський – 464, Личаківський – 460, Галицький – 368).

За даними статистики, кількість автомобілів у Львові зросла за останні 5 років, і місто має найвищу концентрацію машин на душу населення в Україні. Згідно з "Національною доповіддю про стан навколишнього середовища в Україні за 2016 рік", Львів потрапив до списку 22 міст, де перевищено середньорічні концентрації пилу, діоксиду азоту та фтористого водню в атмосфері, що в основному спричинено викидами від транспорту.

У центральній частині Львова, розташованій в межах улоговини, спостерігається особлива мікрокліматична ситуація: влітку температура тут на 2,1-2,5°C вища, а вологість та швидкість вітру найнижчі, що призводить до застійних явищ і сповільнює очищення повітря. Навантаження на основні магістралі міста під час пік досягає 1-1,5 тис. автомобілів на годину. Середня швидкість руху легкових авто – 34-35 км/год, автобусів – 18 км/год, вантажівок – 30 км/год. Це вказує на необхідність зменшення автотранспортного навантаження в центрі міста, де також відчутний негативний вплив газоподібних викидів на архітектурні пам'ятки. Крім того, значна кількість платних стоянок за останні 3 роки збільшила локальне забруднення в

менш вентильованих районах. Найбільш завантажені перехрестя: пр. Свободи, вулиці І. Франка, Зелена, Вітовського, Шевченка, Б. Хмельницького, Наукова, Кульпарківська та інші.

Перевірка автотранспортних засобів, проведена відділом контролю атмосферного повітря, виявила, що з 4390 перевірених автомобілів 14% перевищували допустимі норми викидів. Було призупинено експлуатацію 612 автомобілів державної та 466 приватної власності. Якість палива є одним із основних чинників забруднення повітря. Протягом останніх 5 років бензин використовується 65% транспортних засобів, дизельне паливо – 27%, стиснений газ – 7,9%, електрокари – 0,1%.

Серед першочергових заходів для покращення екологічної ситуації в місті варто виділити:

- встановлення ліміту швидкості автомобілів до 50 км/год, що мінімізує викиди;
- проектування об'їзних доріг для транзитного транспорту;
- створення багаторівневих дорожніх розв'язок для зменшення зупинок і викидів перед світлофорами;
- оснащення нових автомобілів ефективними системами зниження викидів (каталітичні нейтралізатори, системи пуску та прогрівання, уловлювачі пари пального);
- збільшення кількості авто і автобусів на газоподібному паливі;
- розробка нових двигунів з кращими економічними характеристиками;
- створення екологічно чистого транспорту з використанням альтернативних джерел енергії.

Отже:

- Під час роботи автомобільних двигунів внутрішнього згорання виділяється більше 1000 різних шкідливих речовин, які негативно впливають на людину і довкілля.
- Викиди дизельних двигунів внутрішнього згорання є менш шкідливими, порівняно з бензиновими двигунами внутрішнього згорання.
- Для того, щоб зменшити шкідливі викиди автотранспорту, варто застосовувати заходи, серед яких ключовим є перехід на альтернативні види палива (енергія сонця, електроенергія).
- Для вирішення екологічних проблем, пов'язаних із автотранспортом, варто забезпечити жорсткіші екологічні нормативи щодо конструкції нових моделей автомобілів та двигунів, а також залучати громадськість, зокрема молодь, до вирішення цього питання.

Література

1. Кузик А. Д., Думас І. З. «Забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом на в'їздах до м. Львова» // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2023. – № 1. – С. 45–53.
2. Шаха І., Цебрюк І. «Оцінювання екологічного ризику забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом» // Наукові праці Національного університету «Львівська політехніка». – 2023. – Т. 1, № 41. – С. 112–118.
3. Харчишин В. М., Бітюцький В. С., Мельниченко О. М., Злочевський М. В. «Екологічна оцінка впливу автомобільного транспорту на довкілля міста Біла Церква Київської області» // Development trends and improvement of old methods: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. – Warsaw, 2023. – P. 23–25.
4. Салімов О. Р. «Аналіз екологічних ризиків від автомобільного транспорту» // Дипломна робота. – Миколаївський університет, 2023. – 85 с.
5. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г., Корнач А. О., Мержиєвська Л. П. «Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб.» – 2-ге вид., перероб. та доп. – К.: Арістей, 2008. – 291 с.

УДК 656.001.5;625.712

ТЕОРІЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В МІСТОБУДУВАННІ

THEORY OF TRANSPORT FLOWS IN URBAN PLANNING

Валерій Гук

*Одеська державна академія будівництва і архітектури
Одеса., вул.Дириксона.4 .Україна*

Підкреслюються транспортні проблеми в містах. Наводиться удосконалена теорія транспортних потоків, яка складається із теорій вимірників, де 9 нових, теорії станів, де рух є зміна станів., прикладні пропозиції.

Головне призначення існуючих вулиць і доріг, об'єднаних в планувальну структуру міста – забезпечити комфортне, швидке і безпечне пересування його мешканців, для чого в містах України все ширше використовується легковий автомобіль. Тобто зростає автомобілізація і транспортна рухомість міського населення. Збільшення перевезень автомобільним транспортом супроводжується якісним перетворенням міського і дорожнього рухів в масовий процес, що характеризується безперервним рухом щільних транспортних потоків, які досягають за своєю насиченістю межі пропускної спроможності. Причому в години «пік» мають місце випадки перенасичення руху, що супроводжується значними непродуктивними затримками, заторами, зростаючим рівнем аварійності, забрудненням навколишнього середовища, відчутними витратами енергетичних ресурсів. Пошук резервів і обґрунтування нових методів підвищення ефективності, безпеки та екологічності автомобільних перевезень за рахунок удосконалення транспортних комунікацій і організації міського руху має базуватися на випереджаючому розвитку пошукових, фундаментальних досліджень галузевої транспортної науки – теорії транспортних потоків, яка розкриває закономірності руху існуючих насичених транспортних потоків, властиві їм внутрішні особливості, причиново-наслідкові зв'язки, складну єдність їх різноманітних властивостей. Все це поєднано у фундаментальну наукову базу.

Проте складність міського руху, його нові якісні стани стали причиною безсистемного ускладнення інженерних розрахунків і рішень в проектуванні міських транспортних систем, магістралей, багатоповерхових перетинів на різних рівнях, вулично-дорожніх мереж, в організації перевезень вантажів, пасажирів і дорожнього руху. Причому ухвалюванні рішення часто мало ефективні і капіталоемкі, оскільки не мають надійної наукової бази, що переконливо підкреслюється зарубіжним досвідом у вирішенні міських транспортних проблем. Таким чином, народногосподарська необхідність у вдосконаленні організації і технології перевезень у містах, у підвищенні пропускної спроможності вулиць і доріг, безпеки і економічності дорожнього руху, ускладнена специфіка руху потоків транспорту на міських вулицях і дорогах, нова техніка управління дорожнім рухом з широким використанням ЕОМ, зростання ролі прийняття рішень в умовах невизначеності як при перспективному проектуванні вулично-дорожніх мереж, міських магістралей, так і при організації руху автомобільного і пасажирського транспорту висунули об'єктивні вимоги до вивчення особливостей і законів руху безперервних потоків транспорту, які, у свою чергу, є предметом прикладної наукової дисципліни – теорії транспортних потоків. Автором упродовж багатьох років розвивався цей важливий науковий напрям, пов'язаний із дослідженням і розробкою ідентифікації потоку транспорту як динамічного об'єкта управління, зі встановленням, рішенням і аналізом класу

диференціальних рівнянь, що описують стан, причино-наслідкові зв'язки і рух насичених потоків транспорту в часі через перетини проїжджої частини вулиць; класу диференціальних рівнянь, що описують рух потоків транспорту в просторі вулиць і доріг, з якісним і кількісним аналізом станів потоків транспорту і міського дорожнього руху, з розробкою спектра нових вимірників, властивих транспортному потоку як складній системі зі зворотним негативним зв'язком. Все це дозволило удосконалити методи проектування вулично-дорожніх мереж, методи транспортної оцінки містобудівних територій, методи визначення, розрахунку і підвищення пропускної спроможності міських магістралей і різного типу перетинів в одному і різних рівнях, методи технікоекономічних обґрунтувань проектних рішень рекомендувати методи підвищення перевізної спроможності громадського наземного транспорту і ефективності управляючих технологічних транспортних систем та закласти теоретичну базу для подальших прикладних досліджень, спрямованих на вирішення актуальних транспортних проблем.

В монографії автора «Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці» Харків «Золоті сторінки» 2009, наведені теорія вимірників транспортних потоків, теорія станів з висновком і розв'язань рівнянь станів, теорія кількісного аналізу станів, теорія хвиль транспортного потоку. Наведено доцільні планувальні структури міст і нові алгоритми для ефективного управління. Вказана монографія може бути надіслана бажаючим фахівцям безкоштовно по «Нова пошта».

УДК 656.072

ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ

PROBLEMS OF EVALUATING THE ACCURACY OF TRANSPORT DEMAND MODELS

Сяосюань Цинь, Євген Любий

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

The paper addresses the problems of evaluating the accuracy of transport demand models, which are critical for effective urban mobility planning. It highlights key issues such as inconsistent evaluation criteria, lack of reliable data, spatial and temporal inconsistencies, and human bias. A comprehensive approach is needed to ensure the reliability of transport demand models.

Оцінка точності моделей транспортного попиту є однією з найважливіших задач у транспортному плануванні [1, 2]. Вона має на меті визначити ступінь відповідності змодельованих результатів фактичній поведінці пасажирів. Надійність моделі попиту безпосередньо впливає на якість рішень, що приймаються у сферах проектування інфраструктури, організації маршрутних мереж, інвестицій у громадський транспорт і впровадження концепцій сталої мобільності. Проте, попри активний розвиток математичних методів і цифрових технологій, існує низка проблем, що ускладнюють об'єктивну і точну оцінку таких моделей.

Однією з головних проблем є відсутність універсального підходу до визначення критеріїв оцінювання точності моделей транспортного попиту. У різних країнах, містах, а часто навіть у межах одного проєкту використовуються різні метрики. У результаті одна й та сама модель може оцінюватися як точна або неточна, залежно від прийнятого критерію.

Не менш важливою є проблема наявності «еталонних» даних для оцінювання моделей транспортного попиту. У багатьох містах України та світу відсутні автоматизовані системи збору даних про пасажиропотоки. Традиційні методи, такі як опитування, польові дослідження або моніторинг із камер, не забезпечують необхідної точності та охоплення. У деяких випадках дані збираються епізодично або лише для обмеженого сегменту маршрутної мережі (вибіркові обстеження пасажиропотоків). Крім того, часто виникає проблема їх актуальності, точності та надійності, що призводить до порівняння результатів моделювання з неякісними або застарілими даними, що спотворює оцінку точності [2, 3].

Ще однією проблемою є просторово-часова невідповідність між моделлю і реальними даними. Більшість моделей будується на зональному рівні, тоді як доступні фактичні дані мають точковий або лінійний характер (наприклад, пасажирообмін на конкретній зупинці або пасажиропотік на ділянці маршруту). Невідповідність просторової структури між моделлю і фактичними джерелами даних ускладнює порівняння. Додатково до цього слід відзначити й можливість часового спотворення інформації, наприклад, модель використовується для розрахунку середньодобового попиту, а реальні дані прив'язані лише до пікових годин навантаження або конкретних днів. Усе це може створювати додаткові похибки при оцінці точності моделей транспортного попиту.

Існує також проблема, пов'язана з надмірною складністю або, навпаки, спрощенням моделей. З одного боку, сучасні технології через, наприклад, імітаційне моделювання, дозволяють враховувати велику кількість змінних, що впливають на процес формування попиту на пересування пасажирів, перелік яких, може бути перебільшеним, що, у кінцевому випадку, може призвести до втрати точності результатів моделювання через надмірне розсіювання уваги на незначущі у конкретній ситуації параметри транспортного процесу. А з іншого боку, надто спрощені моделі, наприклад, лінійні регресії, що базуються лише на демографічних чи статистичних показниках, не враховують складну структуру попиту, особливості поведінки пасажирів, доступність альтернативних видів транспорту. Таким чином, жоден з крайніх підходів не гарантує високу точність моделей транспортного попиту на пересування пасажирів.

Важливою складовою процесу є калібрування і валідація моделей транспортного попиту. Калібрування передбачає налаштування внутрішніх параметрів моделі на основі історичних або фактичних даних, тоді як валідація – це перевірка її роботи на незалежному наборі даних. У багатьох випадках цей процес проводиться формально або взагалі не виконується через відсутність належної кількості якісних даних. Часто параметри калібруються вручну, без чіткої методики, що створює простір для суб'єктивності або навіть маніпуляцій. Відсутність незалежного тестового набору даних унеможливорює об'єктивне оцінювання точності моделей транспортного попиту. У практиці формування моделей транспортного попиту на прикладі українських міст, двома ключовими параметрами для їх калібрування є фактичні пасажиропотоки на ключових ділянках маршрутної мережі та/або обсяги перевезення пасажирів на маршрутах громадського транспорту. Перший найчастіше отримується за рахунок реалізації польових спостережень за роботою громадського транспорту (візуальне відеоспостереження), а другий – верифікована статистична інформація від перевізників або дані з автоматизованих систем збору інформації про результати роботи системи міського пасажирського транспорту.

Слід відзначити, що крім технічних і методологічних аспектів, значну роль відіграє й людський фактор. Іноді моделі створюються не для реального покращення транспортної або маршрутної системи, а для підтвердження заздалегідь прийнятого політичного чи комерційного рішення. У таких випадках параметри моделі можуть свідомо підганятися під бажаний результат, що нівелює цінність моделювання як науково обґрунтованого інструменту планування.

Проблеми оцінювання точності моделей транспортного попиту вимагають системного підходу. Необхідно розробляти стандарти оцінювання моделей, які враховуватимуть специфіку міста, тип транспорту, мету моделювання. Важливо розвивати цифрову інфраструктуру збору даних, зокрема, використання автоматизованих систем обліку пасажирів, GPS-навігації, мобільних даних, тощо. Не менш актуальною є й підготовка фахівців, здатних коректно будувати, калібрувати і перевіряти моделі транспортного попиту, використовуючи, при цьому, різні джерела даних [3, 4].

У підсумку, моделі транспортного попиту є потужним інструментом планування і прийняття та впровадження обґрунтованих заходів щодо підвищення ефективності функціонування систем громадського транспорту, проте без належної оцінки їхньої точності вони можуть стати джерелом хибних рішень. Створення ефективних, надійних і сталих транспортних моделей, здатних якомога точно описати потреби сучасних міст у пересуваннях, можливе лише за умов комплексного підходу, який поєднує у собі технічні, методологічні та етичні складові.

Література

1. Любий Є.В., Ковцур К.Г., Цинь Сяосюань *Постановка задачі випадкового заповнення матриці пасажирських кореспонденцій. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2024. 2(23). С. 152-158. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1537>.
2. Любий Є.В., Колій О.С. *Оцінка точності синтетичних моделей розрахунку пасажирських кореспонденцій на прикладі малих міст. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. 1(12) (2019). С. 99-106. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i12.40>.
3. Пашкевич С.М. *Дослідження впливу розташування міжміської автостанції на розподіл міських пасажиропотоків: дис. ... доктора філософії: 275. Харків, 2024. 222 с.*
4. Кара І.А. *Визначення пасажиропотоків на міських маршрутах з використанням нечіткої логіки та транзакцій абонементів стільникового зв'язку : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Львів, 2017. 208 с.*

УДК 621.319.4

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ОГЛЯД НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

COMPARATIVE REVIEW OF ELECTRICAL ENERGY STORAGE SYSTEMS

Сергій Буряк, Оксана Гололобова

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

The paper studies various types of modern electric energy storage devices. The technologies and their future prospects that are used in the creation of storage devices are presented.

Для досягнення вуглецевої нейтральності в енергетичному секторі до 2060 року та обмеження підвищення температури на рівні 1,75°C до 2100 року, що є середньою точкою прагнень Паризької угоди, знадобляться безпрецедентні політичні дії у всьому світі щодо розвитку оптимальних енергетичних ресурсів шляхом мінімізації споживання палива та токсичних викидів, що спричиняють парниковий ефект.

Зберігання електричної енергії безпосередньо у вигляді заряду та її повернення за потреби може значно вплинути на вирішення цього питання. Один із варіантів здійснення можливий за допомогою систем накопичення енергії.

Суперконденсатори та надпровідні магніти використовуються для накопичення енергії у вигляді електростатичних та магнітних полів. Це пристрої накопичення високої потужності та середньої щільності енергії, які допомагають впоратися з піковим споживанням енергії, згладжувати вихідну потужність та рекуперувати енергію в системах масового транспорту.

Їх також називають ультраконденсаторними накопичувачами енергії або електричними двошаровими конденсаторами. Вони накопичують енергію у вигляді електростатичного поля, що створюється незмінною за величиною постійною напругою, що прикладається між двома електродами, розділеними тонким шаром ізолятора або діелектричного середовища. Незалежно від будь-яких хімічних реакцій, вони здатні до швидкого заряджання високими струмами, а також мають характеристики високої питомої енергії, низького внутрішнього опору та широкого діапазону температур, що робить їх заміною звичайних конденсаторів, які використовуються в силовій електроніці та акумуляторних батареях.

Електрохімічні системи накопичення енергії є найстарішими технологіями накопичення енергії. Існує багато різних типів систем перетворення енергії, які можна загалом класифікувати на дві групи: інтегровані акумуляторні системи для зберігання енергії (наприклад, свинцево-кислотні, літій-іонні, натрій-сірчані, нікель-кадмієві та нікель-металогідратні акумулятори) та зовнішні акумуляторні системи для зберігання енергії (наприклад, ванадієві окисно-відновні проточні системи, ZnBr та Zn-повітряні системи). В інтегрованих системах для зберігання енергії немає просторового розділення між блоком перетворення енергії та активним матеріалом, де відбувається безпосередньо заряд/розряд. У той час як у зовнішніх системах для зберігання енергії блок перетворення енергії та активний матеріал фізично розділені один з одним.

Література

1. UN Environment and International Energy Agency. (2017). *Towards a Zero-Emission, Efficient, and Resilient Buildings and Construction Sector. Global Status Report 2017*. [Online]. Available: http://www.indiaenvironmentportal.org.in/_les/_le/Global%20Status%20Report%202017.pdf
2. K. Sahay and B. Dwivedi, "Supercapacitors energy storage system for power quality improvement: An overview," *Quality*, vol. 5, no. 4, pp. 1_8, 2009.
3. L. Yao et al., "Challenges and progresses of energy storage technology and its application in power systems," *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 4, no. 4, pp. 519_528, 2013.

УДК 321.01:14

АКУСТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА

ACOUSTIC IDENTIFICATION OF THE STATE OF THE TRANSPORT ENVIRONMENT

Галина Мигаль

*Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, Львів, Україна, 79000*

The work is devoted to the current problem of acoustic design of the transport environment as an environment for human life, based on the study of the acoustic profile of the transport environment and the determination of acoustic patterns for use in intelligent analysis systems. The technology is based on an interdisciplinary approach to identifying the individuality of the functioning of complex systems based on parametric visualization of the information signal from the object of study.

Зростання транспортних потоків, урбанізація, розвиток транспортних систем перетворює місто на певний акустичний «коктейль», де людина постійно піддається впливу різноманітних звукових подразників та шуму. Збільшення рівня акустичного забруднення все більше впливає на людину (водія, пішохода, оператора). Зокрема змінюється її психофізіологічний стан (знижується концентрація водіїв та пішоходів, підвищується рівень втоми та стресу); змінюється емоційний стан, формується нервово збудження та виснаження; та змінюються навіть когнітивні можливості людини, тобто зростає складність в обробці і сприйнятті інформації. Це все в свою чергу відображується на рівні безпеки транспортного середовища, тому актуальність досліджень акустичного стану транспортного середовища та пошук шляхів його нормалізації суттєво зростає. Акустична екологія як розділ екології, що досліджує утворення та розповсюдження шумового забруднення, багато уваги приділяє акустичному аналізу та акустичному проектуванню. Акустичне проектування як механізм створення акустичного комфорту на заданій території обмежується існуючими методиками ідентифікації стану.

Транспортне середовище є складною динамічною системою, в якій рівень шуму змінюється під впливом багатьох факторів: інтенсивності трафіку, типу транспортних засобів, геометрії вуличної мережі, наявності шумопоглинаючих або відбиваючих поверхонь тощо. Тому визначення акустичного забруднення міських вулиць, перехресть і окремих ділянок транспортного середовища дозволяє не лише оцінити рівень шумового навантаження, а й формувати акустичні патерни для застосування в інтелектуальних системах для аналізу стану транспортного середовища. Математичне моделювання, аналіз великих баз даних надає нові можливості для формування комплексної картини акустичних характеристик міського середовища та застосування сучасних технологій проектування середовища.

Робота присвячена актуальній проблемі акустичного проектування транспортного середовища як середовища життєдіяльності людини на основі дослідження акустичного профілю транспортного середовища. Пропонується технологія здійснення акустичного проектування середовища життєдіяльності людини. Здійснюється шляхом акустичної ідентифікації транспорту та акустичної оцінки стану вуличної мережі та отримання акустичних патернів для застосування у інтелектуальних системах аналізу. Технологія базується на міждисциплінарному підході до виявлення індивідуальності функціонування складних

систем на основі параметричної візуалізації інформаційного сигналу (електричного сигналу, звуку, шуму тощо) від об'єкту дослідження [1-3]. Метою роботи є подальший розвиток міждисциплінарного підходу виявлення індивідуальності функціонування складних систем будь-якої природи та застосування його до акустичного проектування середовища життєдіяльності людини.

Сьогодні широко використовуються інтелектуальні системи на основі штучного інтелекту. Нейромережі працюють на основі великих масивів даних та розпізнають акустичні патерни різних типів транспорту. Наприклад, Google використовує акустичні моделі для прогнозування трафіку в додатках Google Maps та Waze. У Барселоні, Берліні та Нью-Йорку тестуються системи на базі AI для прогнозування заторів шляхом аналізу рівня шуму на дорогах. Одним з видів встановлених залежностей є кореляція шуму з такими параметрами, як інтенсивність руху, швидкість потоку, затримки на перехрестях.

В наших роботах (Мигаль В.П., Мигаль Г.В., 2016-2024) ми розвиваємо міждисциплінарний підхід до виявлення індивідуальності функціонування складних систем на основі параметричної візуалізації інформаційного сигналу від об'єкту дослідження. В основі підходу – параметричне представлення інформаційного сигналу об'єкта (електричного сигналу, звуку, шуму тощо) у просторі ймовірних динамічних подій. В просторі «стан – швидкість – прискорення» кожен динамічну подію можна відобразити точкою з координатами $x(t)$, $dx(t)/dt$, $d^2x(t)/dt^2$. Причинно-наслідково пов'язані між собою події утворюють в просторі «стан-швидкість-прискорення» замкнену траєкторію [1-4]. В ньому індивідуальні характеристичні ознаки структури будь-якого інформаційного сигналу проявляються при перетворенні його в топологічну 3d-модель, яка є замкнутою траєкторією простору динамічних подій. Така геометризація інформаційного потоку супроводжується просторово-часовою декомпозицією на упорядковані та взаємопов'язані складові. Геометрично вони відрізняються крутизною чи кривизною, а фізично – швидкістю чи прискоренням динамічних подій. Просторово-часова впорядкованість складових найбільше проявляється в ортогональних проекціях траєкторії, конфігурації яких є індивідуальними графічними образами-сигнатурами джерела інформації 1-го і 2-го порядків. Вони є природними паттернами просторово-часової структури сигналу, що надає можливість їх порівнювати та швидко ідентифікувати зміну стану об'єкта. Характеристичними ознаками зміни стану є зміна масштабу картини; трансформація форми геометричної фігури, утвореною безліччю аналізованих точок; поява артефактів у вигляді групи точок в стороні від основного скупчення вздовж осі стану.

Розроблений метод пропонується застосувати до акустичної ідентифікації транспорту та акустичної оцінки стану вулиць у міській інфраструктурі, що має широке практичне застосування в різних сферах [5-7]. Кожний автомобіль має унікальний звуковий профіль через тип двигуна (електричний, бензиновий, дизельний), вихлопну систему, аеродинамічний шум, шум шин тощо. Наприклад, електромобілі мають плавніші градієнти першої та другої похідної (менше різких коливань), менше різких коливань. Двигуни внутрішнього згорання створюють періодичні зміни у другій похідній через поршневий механізм, а вантажівки та автобуси мають низькочастотні вібрації з великими сплесками в амплітуді [5-7]. Наприклад в нашій статті [5] ми показали приклад візуалізації шумів від працюючого бездефектного двигуна (рис. 1а) та двигуна з дефектом випускного колектора (рис. 1б).

Рівень шуму на вулицях формується через інтенсивність руху, тип поверхні (бруківка, асфальт, бетон), тип забудови (наприклад, висотні дома створюють реверберацію), наявність громадського транспорту, зелені насадження, наявність рекламних споруд тощо. Акустична оцінка стану вулиць – це потужний інструмент міського планування, що допомагає покращити транспортну інфраструктуру, якість дорожнього покриття, комфорт мешканців та екологічну ситуацію. Використання запропонованого підходу на основі визначення акустичних патернів

об'єктів транспортної мережі дозволяє здійснити акустичне проектування середовища життєдіяльності людини. Технологія надає можливість:

- 1) ідентифікувати та оцінювати транспорт:
 - a. ідентифікувати несправності автомобіля (наприклад, різке зростання другої похідної може вказувати на механічний дефект);
 - b. класифікувати та ідентифікувати автомобілі за акустичним патерном;
 - c. виявляти порушників правил руху чи стану автомобіля;
- 2) проводити екологічний моніторинг, що сприятиме кращому розумінню екологічного стану урбанізованих територій:
 - a. проводити моніторинг шумового забруднення;
 - b. створювати акустичні карти;
 - c. виявляти порушників екологічних норм;
- 3) здійснювати акустичне проектування:
 - a. виявляти шумові аномалії;
 - b. забезпечити планування "тихих зон" у містах;
 - c. проводити оптимізацію міської логістики та дорожньої інфраструктури;
 - d. оцінювати стан дорожнього покриття та його відповідність нормам.

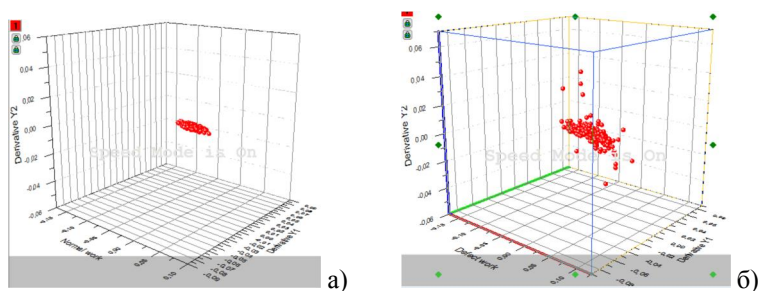


Рис.1. Візуалізація шуму від роботи двигуна у параметричному 3Д-просторі.

Таким чином, в роботі показаний новий напрямок здійснення акустичного дизайну транспортного середовища шляхом акустичної ідентифікації транспорту та акустичної оцінки стану міського транспортного середовища.

Література

1. Mygal, V. P., But, A. V., Mygal, G. V. & Klimenko, I. A., (2016), *An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning*. Nature Publishing Group: Scientific Reports: #6, Article number: 29512. DOI: 10.1038/srep29512
2. Mygal, V.P., But, A.V., Phomin, A.S. and Klimenko, I.A. (2015), *Geometrization of the dynamic structure of the transient photoresponse from zinc chalcogenides*, Semiconductors, # 49, p. 634–637.
3. Mygal V.P., Mygal G.V. *Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects*. Journal of nano- and electronic physics, 2019. Vol. 11, No 2, 02013, pp. 1-4. DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
4. Mygal, V. P., Mygal, G. V., Balabanova, L. M. *Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects*. Journal of Nano- and Electronic Physics 11, No. 2, Article number: 02013 (2019). DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
5. Мигаль В.П., Сілевич В.Ю., Мигаль Г.В. Інтегральна діагностика функціонального стану елементів транспортних систем на основі візуалізації шумових сигналів. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 31 (70) Ч. 2, № 3 2020. DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/18>

6. Wail, M. Adaileh. *Engine Fault Diagnosis Using Acoustic Signals. Progress in Environmental Protection and Processing of Resources*, 2013. pp. 295–298. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.295-298.2013

7. Chomphan, S., Kingrattanaset, Th. *An analysis of sound for fault engine. American Journal of Applied Sciences*, 2014. № 11(6), pp. 1005 – 1009. DOI: 10.3844/ajassp.2014.1005.1009

УДК 656.13

ТЕПЛОВИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ СПЕЦТЕХНІКИ В УМОВАХ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

THERMAL ANALYSIS OF ELEMENTS OF THE BRAKE SYSTEM OF SPECIAL EQUIPMENT IN FIRE-FIGHTING CONDITIONS

Юрій Осташук¹, Любов Осташук², Микола Осташук³

¹ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007,

² Автомобільно-дорожній фаховий коледж
Національного університету «Львівська політехніка»,
вул. вул. Личаківська, 2, м. Львів, 79008,

³ Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

A method for determining the coefficient of heat flux distribution and temperature gradients in disc brake elements is presented, which allows estimating thermal loads on friction pairs under conditions of intensive braking. The proposed method has practical significance for the design of brake mechanisms of fire engines and other special vehicles.

Надійна робота гальмівних систем у пожежних автомобілях критично важлива в умовах екстремального теплового впливу. Важливою характеристикою, що суттєво впливає на тепловий режим фрикційної пари, є коефіцієнт розподілу теплових потоків k_q , який визначається як відношення теплоти, що акумулюється в конкретному елементі (диск або накладка), до загального теплового потоку, що генерується при гальмуванні [1].

Дослідження показують, що цей коефіцієнт залежить від теплофізичних властивостей матеріалів: теплопровідності (λ), питомої теплоємності (c) та густини (ρ). Одним з поширених методів є використання формули Ф. Шаррона [2]:

$$k_q = \frac{\sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}}{\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}}, \quad (1)$$

де λ , c і ρ – відповідно коефіцієнти теплопровідності, питома теплоємність та густина матеріалу (індекс 1 стосується гальмового диска, індекс 2 – фрикційної накладки).

Проте в реальних умовах коефіцієнт k_q змінюється залежно від режимів гальмування, геометрії елементів, умов охолодження тощо. Через труднощі експериментального визначення запропоновано використання методів математичного моделювання як ефективного інструменту аналізу теплових процесів у гальмах.

Результати чисельного моделювання вказують на перевагу металокерамічних накладок з точки зору зменшення температури робочих поверхонь. Однак надмірне теплове навантаження на саму накладку вимагає додаткових конструктивних заходів, зокрема теплоізоляції при використанні гідравлічного приводу.

Запропоновану методику доцільно застосовувати на етапі проєктування та вдосконалення гальмівних систем транспорту спеціального призначення, що функціонує в умовах підвищених термічних ризиків, зокрема під час пожежогасіння.

Література

1. Weiß U. *Theoretische Temperaturuntersuchungen an Scheibenbremsen während des Bremsvorgangs // Konstruktion im maschinen – apparate – und gerätebau.*– Berlin: 31 H. 7, – S. 269 – 274.
2. Гудз Г.С. Дослідження розподілу теплових потоків у парах тертя дискових гальм на тривимірних теплових моделях / Гудз Г.С., Дем'янюк В.А., Осташиук М.М. // Вісн. Харківського нац. автом-дор. ун-ту.- Харків, 2003, вип. 20.- С.53-56.

УДК 711.4

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВНЕСЕННЯ ЗМІН У ТРАНСПОРТНУ СИСТЕМУ МІСТА

INFORMATIONAL AND PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF MAKING CHANGES IN THE CITY'S TRANSPORT SYSTEM

Юрій Оленюк

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

Впровадження нових ідей при зміні встановлених правил проходить завжди із аналізом результатів необхідного експерименту: в освіті, наприклад, – створюється школа для тестування методики, в медицині – досліджують вплив нових аналогів перед загальним застосуванням. Такий підхід повинен бути використаний і при впровадженні змін на транспорті. Необхідно приймати до уваги основні аксіоми:

- споживач намагається завжди мінімізувати свої витрати;
- споживач постійно намагається максимізувати свою вигоду з врахуванням існуючих обмежень у грошових ресурсах;
- споживач має достатню інформацію щодо всіх альтернативних джерел задоволення потреб.

На мешканців, як на споживачів, впливають три групи факторів [1]:

- 1) фактори зовнішнього впливу – роз'яснювальна робота міської ради;
- 2) група факторів ситуативного плану – стиль життя;
- 3) фактори внутрішні – діяльність, економічне забезпечення.

Кошторис таких змін мінімальний: немає потреби розробляти проєкти реконструкції вулиць та вносити інвестиції на капітальне будівництво. Такі удосконалення рекомендовано виконати в одному місті та зробити висновки для подальшого впровадження. Надважливе значення має оцінка користувачами зміненої системи перевезень. Необхідно підсумувати

позитивні та негативні результати таких перетворень та при особливо несприятливих висновках внести корективи або виконати повернення до початкових умов перевезень.

Створити проект перетворень, звичайно, повинні спеціалісти, котрі мають знання та досвід у галузі перевезень; необхідно уникати орієнтації на масову свідомість – один з видів суспільної свідомості. У масовій свідомості присутні різкі, часто не сумісні погляди та уявлення. Поряд з прогресивними вимогами можуть зустрічатись негативні реакції, консервативні настрої. Масова свідомість формується не лише під дією досягнень, прогресивних реалій життя, а й прорахунків, помилок, негативних явищ.

Довший період (терміном не менше року) переходу на інший рівень перевезень створить умови для сприйняття змін та їх якості у свідомості щодо міського транспорту.

Усвідомлення значимості нововведення та причетності до великих подій сприятиме подальшому утвердженню важливих принципів: «я – житель міста (Луцька, Стрия тощо). Я не забруднюю його». Мотивація – почуття обов'язку та виховання пріоритетів перед рідним містом.

Такі складові проявляться на етапі обговорення проекту із наданням можливості громадянам вносити зміни. Необхідно проаналізувати весь комплекс питань. Усі майбутні нововведення повинні попередньо рекламуватись із затвердженням конкретних термінів. Такий підхід зробить ці значні удосконалення очікуваними та невідворотними.

Необхідно створити передумови, тобто стійкий психологічний стан готовності для сприйняття таких впроваджень. Виділяють такі складові цього стану [1]:

- усвідомлення необхідності;
- усвідомлення особистого залучення та формування образу «Я» як суб'єкта впровадження нововведення.

Такі проекти необхідно представляти як передбачені та невідворотні. Відомо, рекламні заходи впливають на індивідуума з метою уникнення різкої зміни обставин. Такі зміни повинні мати соціальну підтримку. Необхідно створити початковий підготовчий етап проекту, наприклад, закриття певних вулиць – із кінцевою важливою метою. У європейських містах це виглядає попередньо узгоджено та сплановано: у визначений час в'їзд через центральні вулиці тільки електробусам або вулиця N буде пішохідною. До важливих змін звикають поступово та із знанням усієї інформації. Основою є психологічне сприйняття необхідності таких нововведень заради самих же мешканців цих вулиць: «це робиться для мене, і з цим я погоджуюсь».

Можливі три психологічні реакції на зміни. Як правило, більша частина жителів позитивно сприймають удосконалення.

Інша частина пасивно сприймають інновації, однак для таких людей велике значення мають думки інших, і з часом вони сприймуть усі переваги такого проекту.

Третя частина громадян характеризується пасивним неприйняттям нововведення. Така позиція може бути викликана небажанням призвичаюватись. Встановлений ритм життя для них важливіший – автомобіль завжди допомагав при переміщеннях, незважаючи на затримки в дорозі, грошові витрати.

Чи будуть такі зміни сприйняті суспільством. Якщо провести опитування, більшість буде підтримувати (якщо, звичайно, прийняти до уваги всіх, включаючи і тих, хто проживає у будинках безавтомобільної зони). Найважливішим фактором забезпечення успішної реалізації запланованих змін є досягнення підтримки створення таких зон власниками автомобілів.

В усіх випадках необхідно створювати проект реконструкції на основі випередження негативних явищ. Необхідно констатувати – позитивне чи негативне ставлення до нововведень відбувається поступово, тому виникає багато можливостей впливати на формування ставлень до інновацій. Наприклад, оцінка впливу шуму у навколишньому середовищі у майбутньому

сприятиме негативним впливам на здоров'я населення міста: можливість появи ймовірних 900 000 додаткових випадки гіпертонії. Однією з причин для регулювання доступу до мереж схем забруднення повітря.

Забруднення повітря є відповідальним за 310 000 передчасних смертей в Європі кожен рік. Це більше, ніж випадки, викликані дорожньо-транспортними пригодами. Наприклад, шкода здоров'ю від забруднення повітря оцінюється в європейську економіку між € 427 і 790 млрд € на рік. Такі аргументи матимуть переконливий вплив на вибір необхідних проєктів.

Після впровадження таких змін важливо зробити оцінку ставлення громадських організацій щодо результатів. Адже такі реконструкції міського простору необхідно в майбутньому проводити в багатьох містах. Якщо деякі пропозиції та психологічні аспекти, згадані у цій статті, виглядатимуть категорично та нездійсненно, міська влада повинна приймати до розгляду інші аргументи переходу на громадський транспорт. Ідеї, котрі описані у цій статті, запроваджені департаментами транспорту та громадами швейцарських міст. І німецьких також. І бельгійських також. Усі європейські країни переходять на нові принципи планування, із котрих головний: місто – для людей, а не для машин. За цим словосполученням проглядається побудова соціальних стандартів європейського суспільства.

Проведений аналіз щодо створення психологічної основи для переходу у місті на інший, вищий рівень організації транспортної системи, дав можливість виокремити головні фактори. Необхідно також сформулювати переконливі умови – рекламні заходи, роз'яснення, для створення стійкого переконання щодо необхідності сприйняття змін у сфері громадського транспорту.

Література

І. Коваліско Н.В., Савчинський Р.О. Сучасне українське суспільство: стратифікаційний вимір великого міста / Н.В. Коваліско, Р.О. Савчинський. – Львів: Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – 234 ст.

УДК 711.651

ЗМІННА СТАНІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЦЕ ЙОГО РУХ

CHANGING THE STATES OF TRAFFIC FLOWS IS ITS MOVEMENT

Валерій Гук¹, Олена Запорожцева²

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна*

The article considers key terms and concepts related to the states (types of traffic) of traffic flows for their practical application in the development of street and road projects in the urban environment. Different types of traffic flow states are distinguished: zero, steady, equilibrium, periodic, stable, unstable. Equations, state variables, trajectories and state portraits, as well as their micro- and macro-levels are considered.

Відбудова зруйнованих міст і поселень внаслідок нападу та війни з боку РФ, а також реконструкція існуючих міст, особливо великих, здійснюватимуться з урахуванням вимог чинних ДБН [4-6]. Проте ці норми не вдосконалені, оскільки базуються на законах та

вимогах, орієнтованих на рух одиночних автомобілів. Дослідження законів руху транспортних потоків перебуває у сфері інтересів спеціалістів різних галузей. Водночас транспортники часто не знають принципів розбудови та планування міст, тоді як архітектори (урбаністи, дизайнери) не обізнані із законами руху транспортних потоків.

Транспортний потік – це складна система, що включає транспортні засоби, які рухаються, водіїв, проїзну частину, облаштування вулиць і доріг, а також навколишнє середовище. Зворотний зв'язок у цій системі забезпечується діями водіїв, дизайнерами та підсистемою управління дорожнім рухом (АСУД) [3-7, 9-12]. Основним принципом функціонування системи «транспортний потік» є цілісність процесу руху. Первинною характеристикою виступає цілісність потоку, а вторинними – положення та швидкість транспортних засобів (або пішоходів) у складі потоку [3-9].

Стан транспортного потоку визначається як сукупність параметрів, що описують його як динамічну систему. У цьому стані входні характеристики потоку в конкретний момент часу дозволяють однозначно визначити будь-яку змінну, яка характеризує транспортний потік у даний момент [3-7].

Нульовий стан характеризується відсутністю руху. Він може спостерігатися як у ситуації повного затору, так і на порожній дорозі [3-7].

Стан, що встановився, передбачає рух транспортного потоку з постійною інтенсивністю та швидкістю протягом досить тривалого періоду.

Рівноважний стан є особливим різновидом стану, коли всі ключові параметри, такі як інтенсивність руху, швидкість, дистанції між транспортними засобами та керуючі дії водіїв, залишаються незмінними [3-7].

Періодичний стан описує рух транспортного потоку із періодичними зупинками, затримками або змінами основних характеристик потоку [3-7].

Стійкий стан – це різновид рівноважного та періодичного станів, що спостерігається протягом певного проміжку часу. У цьому стані значення інтенсивності, швидкості та дистанції залишаються постійними. Стійкий стан може бути миттєвим і виникає, наприклад, під час затору, відсутності руху, а також у ситуаціях, коли транспортний потік рухається магістралями зі світлофорами, встановленими на модульній відстані (500 м) із рівними та скоординованими циклами перемикання сигналів [3,7].

Нестійкий стан – це основний стан руху транспортного потоку, що характеризується постійними змінами інтенсивності, швидкості, дистанції між транспортними засобами, а також впливом різноманітних геометричних елементів міських вулиць і доріг [3,7].

Рівняння станів – це система рівнянь, що описує режими руху транспортного потоку. У даному випадку йдеться про систему диференціальних рівнянь першого порядку, розв'язуваних щодо похідних [3].

Траєкторія станів – це крива, яка описує зміну стану транспортного потоку на площинах «інтенсивність – кількість потоку» або «швидкість – шлях» [3].

«Портрет станів» – це сімейство траєкторій станів, відображених на площинах «інтенсивність – кількість потоку» або «швидкість – шлях». Воно характеризує коливальні процеси руху транспортного потоку, такі як затухаючі чи незатухаючі коливання дистанції, швидкості, інтенсивності, амплітуди та частоти коливань, а також стійкість руху [3].

Мікростан – це стан окремого транспортного засобу, що рухається у транспортному потоці [1,3,10].

Макростан – це стан транспортного потоку як динамічного об'єкта в цілому.

Змінна стану – це математична характеристика транспортного потоку. У просторі змінною є швидкість, а в перерізі вулиці – інтенсивність.

Вільний рух – стан транспортного потоку, за якого відсутній взаємний вплив між автомобілями, що рухаються. Інтервали між транспортними засобами перевищують 9 секунд [3-7,9].

Груповий рух – рух транспортних засобів, організованих у групи. Кількість транспортних засобів у групі складає 9-15 легкових автомобілів або 6-10 тролейбусів чи автобусів [1,3, 7-8].

Безперервний рух – стан транспортного потоку, за якого динамічні габарити транспортних засобів перебувають у безпосередньому контакті, тобто їхній рух взаємопов'язаний [1, 3-4,6,10].

Насичений рух – стан транспортного потоку, що характеризується щільністю понад 50 автомобілів на кілометр, інтервалами між транспортними засобами менше 5 секунд, а також інтенсивністю руху понад 2000 легкових автомобілів на одну смугу руху [10,12,13].

Оптимальний рівень насичення – рівень, що відповідає пропускній спроможності вулиць і доріг, забезпечуючи ефективний рух транспортного потоку [6-7,9].

Граничний рівень насичення (затор) – стан транспортного потоку, за якого відбувається повна або миттєва зупинка руху через максимальне завантаження проїжджої частини транспортними засобами [3-7,9].

Оптимальний міський рух – стан транспортного потоку, за якого досягаються оптимальні значення його характеристик: кількості потоку, обсягу руху та кількості транспортних засобів у русі [9-11].

Перехідний режим руху – стан транспортного потоку, що характеризується неперіодичними змінами інтенсивності та швидкості. Такий режим спостерігається в зоні перехресть, крутих поворотів, підйомів, спусків, а також при частих обгонах або через ДТП [7, 10-11].

Колонний рух – різновид насиченого руху, що виникає при щільності транспортного потоку, яка дорівнює або перевищує 70 легкових автомобілів на кілометр, і інтервалах між транспортними засобами, що становлять менше 2 секунд [1,3, 6-7,9].

Нещільний транспортний потік – стан транспортного потоку з низьким рівнем насичення, який спостерігається на початкових значеннях пропускної спроможності [3,7, 10-13].

Щільний транспортний потік – стан насиченого транспортного потоку, що досягає межі пропускної спроможності, але не переходить у затор [3,7,10].

Квазіпотік – гіпотетичний транспортний потік, що вивчається на основі закономірностей руху окремого автомобіля, який розглядається як частина потоку.

Найпростіший потік – потік транспортних засобів, що проходять через переріз проїжджої частини дороги (окрім спостерігача) з різними інтервалами, закономірність розподілу яких описується Пуасонівським законом. Такий потік характеризується стаціонарністю, відсутністю післядії та ординарністю [3, 10-11].

Регулярний потік – різновид насиченого руху, за якого однотипні транспортні засоби проходять через переріз проїжджої частини дороги через рівні інтервали часу [3-8,11].

Рівняння руху – система диференціальних рівнянь першого або другого порядку, яка описує такі параметри, як прискорення, швидкість, зміна положення автомобіля в транспортному потоці, а також зміна інтенсивності та кількості транспортного потоку [3-7,9].

Висновки. Теорія транспортного потоку – це наукова дисципліна, яка вивчає реальні явища, пов'язані з рухом транспортних потоків, та розвиває теорії, призначені для пояснення цих явищ. Вона застосовує ці теорії для опису змін, які відбудуться при зміні умов руху, та перевіряє передбачення через нові спостереження. З математичної точки зору це добре структурована сукупність характеристик транспортного потоку. Предмет теорії транспортного потоку – це вивчення особливостей і закономірностей руху транспортних потоків вулицями та дорогами для їхнього проектування, з метою створення комфортних і безпечних умов руху. Керування рухом здійснюється за допомогою планувальних методів і технічних засобів.

Водночас, експертиза, заснована на відповідності проектних рішень застарілим нормативам, визначеним у ДБН [4-6], є не доцільною, оскільки вона стримує розробку сучасних та ефективних рішень. Відсутня інформація про стани та нові характеристики транспортних потоків у нових працях Львівської політехніки [12, 13].

Література

1. Богданов О.І. Дослідження процесу розподілу руху по смугах багатосмугових міських магістралей / О.І. Богданов, С.В. Роман, С. С. Кизим. – К.: КНУБА, 2006. – С. 21–30.
2. Белятинський А.О. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху: монографія / А.О. Белятинський, В.М. Першаков, О.В. Степанчук, Р.В. Кротов. – К.: НАУ, 2015. – 176 с.
3. Гук В.І. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці: монографія / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.
4. ДБН В.2.3-5:2018. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. На заміну ДБН В.2.3-5-2001; чинний від 2018-09-01. Вид. офіц. Київ: ДП «ДерждорНДІ», 2018. 61 с.
5. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій – Київ. Мін. регіон. України, 2019, 185 с.
6. Богданов О.І. Дослідження процесу розподілу руху по смугах багатосмугових міських магістралей / О.І. Богданов, С.В. Роман, С. С. Кизим. – К.: КНУБА, 2006. – С. 21–30.
7. Белятинський А.О. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху: монографія / А.О. Белятинський, В.М. Першаков, О.В. Степанчук, Р.В. Кротов. – К.: НАУ, 2015. – 176 с.
8. Гук В.І. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці: монографія / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.
9. ДБН В.2.3-5:2018. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. На заміну ДБН В.2.3-5-2001; чинний від 2018-09-01. Вид. офіц. Київ: ДП «ДерждорНДІ», 2018. 61 с.
10. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій – Київ. Мін. регіон. України, 2019, 185 с.
11. ДБН В.2.3.-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 2015. – 82 с.
12. Запорожцева О.В. Взаємозв'язок інтенсивності, швидкості і щільності транспортних потоків на багатосмугових автомагістралях / В.І. Гук, О.В. Запорожцева // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 50. – С. 69–73.
13. Запорожцева Е.В. Распределение интенсивности автопотоков на многополосных магистралях / В.И. Гук, Е.В. Запорожцева // Проблемы розвитку міського середовища: наук.-техн. зб. – 2014. – Вип. 1(11). – С. 339–345.
14. Запорожцева О.В. Удосконалення принципів визначення пропускної спроможності багатосмугових автомагістралей : автореф. дис. канд.техн. наук : 05.22.11. Харків, 2016. 23 с.
15. Пальчик А. М. Транспортні потоки / А. М. Пальчик. – К.: НТУ, 2010. – С. 171.
16. Парасюк В.М., Демків Р.Я., Козут В.М. Безпека дорожнього руху : навч. посіб. Львів : ЛДУВС, 2022. С. 340.
17. Форнальчик, Є. Ю. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич: за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.
18. Форнальчик, Є. Ю. Моделювання транспортних потоків [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила ; за заг. ред. Є. Ю. Форнальчика. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2020. – 216 с. – режим доступу: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4244>
19. Хом'як А.Я. Вивчення характеристик руху транспортних потоків / А.Я. Хом'як, Ю.А. Лісовол // Вісник НТУ. – 2012. – Вип. 26. – С. 102–108.

20. Daganzo U. K. *Fundamentals of Transportation Engineering and Traffic Operations* / U. K. Daganzo; Chapters 1 and 2. Pergamon Press-Elsevier Science – Oxford, 1997. – Pp. 11-20

21. *Highway Capacity Manual 2000*. – Transportation Research Board, National Research Council. – Washington, D.C., USA, 2000. – 1134 p.

22. Kennedy N. *Fundamentals of Traffic Engineering* / N. Kennedy. – California: University of California Institute of Transportation and Traffic Engineering, 1985. – 315 p.

23. J. Kim. *Development and testing of computational procedures for signal timing design at isolated intersections* : Ph. D. dissertation / Kim J.; United States. – Florida: University of Florida, 2001. – 157 p

УДК 656.13

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ТА КОНКУРЕНЦІЇ МІЖ ОКРЕМИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

PECULIARITIES OF INTERACTION AND COMPETITION BETWEEN SPECIFIC MODES OF TRANSPORT

Микола Маяк

*Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43000*

The paper analyzes the main spheres and forms of interaction and competition between different modes of transport in the modern logistics system. Emphasis is placed on intermodal integration, modal specialization, and the role of innovation in shaping competitive advantages.

Сучасні логістичні виклики, зокрема глобалізація торгівлі, розвиток електронної комерції та зростання вимог до екологічності перевезень, зумовлюють необхідність глибокої інтеграції різних видів транспорту. У межах системного підходу транспорт розглядається як багаторівнева мережа, в якій кожен вид транспорту виконує свою специфічну функцію, але максимальна ефективність досягається за умови їхньої технологічної та операційної взаємодії. Сучасні транспортні системи повинні розвиватися за принципом інтероперабельності – взаємної сумісності інфраструктур, процесів та стандартів управління [1]. Це потребує не лише технічної модернізації, а й узгоджених дій державної політики, інвестицій у мульти-модальні хаби та гармонізації нормативного середовища. Інституційна підтримка є ключовою у сприянні інтеграції. Наприклад, у Нідерландах реалізовано систему Port Community Systems, яка інтегрує морський, залізничний та автомобільний транспорт у межах єдиного цифрового середовища [2]. Такі рішення зменшують логістичні витрати, скорочують час обігу вантажів і посилюють контроль над транспортними потоками. Крім того, стандартизація контейнеризації та обміну даними (EDI, API) сприяє зменшенню витрат при перевалці вантажів на стиках транспортних ланцюгів [3]. Це особливо актуально для автомобільного транспорту, який виконує роль зв'язної ланки між великими хабами і кінцевими пунктами доставки.

Конкуренція між транспортними видами проявляється на економічному, технологічному та інституційному рівнях. Найбільш помітною є цінова конкуренція між залізничним та автомобільним транспортом. Автомобільний транспорт зазвичай має менші витрати на інфраструктуру, але залізниця демонструє нижчу собівартість при перевезенні великих партій вантажу. Так, у перевезеннях зернових в Україні автомобільний транспорт домінував

завдяки гнучкості та оперативності. Проте модернізація «Укрзалізниці» і впровадження приватної тяги дали поштовх відновленню позицій залізничного транспорту [4]. Якість логістичного сервісу також є полем конкуренції. Авіатранспорт забезпечує найшвидшу доставку, що важливо для фармацевтичної чи електронної галузі, тоді як автотранспорт залишається незамінним для доставки «до дверей». У відповідь залізниця запроваджує послуги останньої милі в поєднанні з автотранспортом, що перетворює конкуренцію на кооперацію. На регіональному рівні конкуренція відбувається, зокрема, між Польщею і Україною у межах транзитного коридору ЄС–Китай. Реалізація ініціативи «Один пояс – один шлях» активізувала державну підтримку інфраструктурних проєктів країн [5].

Кожен вид транспорту має певну сферу порівняльної переваги. Автомобільний транспорт найбільш ефективний на коротких і середніх відстанях, при невеликих партіях вантажу та частих доставках. Він оптимальний для міських і приміських логістичних систем, особливо з урахуванням розвитку електромобільності та автоматизації [6]. Залізничний транспорт забезпечує економічно вигідне перевезення масових вантажів на відстані понад 300 км. Наприклад, для маршрутів «індустріальний кластер – морський порт» залізниця дозволяє формувати повністю завантажені потяги з високим рівнем ефективності. Водний транспорт – найбільш економний для міжнародних перевезень навалювальних і генеральних вантажів. Однак у внутрішніх перевезеннях він вимагає наявності розвиненої річкової інфраструктури, що обмежує його використання в Україні. Повітряний транспорт застосовується для доставки термінових, цінних або легких вантажів, де час має критичне значення. Його частка в загальному обсязі перевезень невелика, проте він незамінний у фармацевтичній галузі, електроніці та e-commerce.

Ефективна взаємодія між видами транспорту передбачає існування відповідних логістичних платформ. Це можуть бути інтермодальні термінали, цифрові системи управління (TMS, WMS, ERP), а також інституційні механізми взаємодії між гравцями логістичного ринку. Цифрові платформи сприяють «формуванню нових організаційно-економічних моделей взаємодії транспорту, в яких зникає чіткий поділ на конкуруючі і кооперуючі елементи». Це особливо важливо для автотранспорту, який забезпечує фінальні ланки ланцюга постачання і значною мірою залежить від узгодження з іншими видами транспорту. В умовах цифровізації логістики важливими стають такі аспекти, як інтеграція даних, синхронізація графіків перевезень, прозорість витрат та можливість планування в реальному часі. Це створює нові умови для координації видів транспорту не лише у межах однієї країни, а й у транснаціональних ланцюгах поставок [6].

Отже, види транспорту мають свої природні ніші, але найбільш ефективними є системи, у яких реалізовано взаємодоповнення на базі логістичних принципів. Конкуренція між транспортними видами еволюціонує від цінової до сервісної і все частіше реалізується у формі поєднання конкуренції й кооперації. Ключовими чинниками ефективної взаємодії виступають інтегрованість, цифровізація та підтримка мультимодальних логістичних платформ.

Література

1. Березовий М.І., Малашкін В.В., Болвановська Т.В., Берун Н.Ю., Демченко Є.Б. *Інтероперабельність транспортних систем: навчальний посібник*; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро: УДУНТ, 2024. – 179с.
2. *Port Community Systems: Integration Models in the Netherlands* // *European Transport Review*. – 2022. – Vol. 58.
3. Скіцько В. І. *Цифрові технології сучасної логістики та управління ланцюгами поставок. Маркетинг і цифрові технології*. 2018. № 2 (3). С. 48–63

4. Чигрінов, В. Результати аналізу тенденцій розвитку залізничних перевезень України. *Економіка та суспільство*, 2024 (61).
5. Див.: URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/mizhnarodni-vidnosyny/yevropeyski-perspektyvy-kytayskoho-proektu-odyn-poyas-odyn>
6. Чорна О.В., Попович П.В., Маяк М.М., Шевчук О.С., Фалович Н.М., Комарніцький С.П. Підвищення ефективності ланцюгів поставок. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 7 (38), ч. I. С. 258—265.

УДК 629.4

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦІ В ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО

MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES FOR REPAIRING ELECTRICAL DEVICES OF
RAILWAY TRACTION ROLLING STOCK IN LOCOMOTIVE DEPOTS

Віктор Торгашов¹, Микола Баб'як¹, Роман Гащук¹, Лариса Недужа²

¹Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013

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

The article presents a proposal for the development and implementation of an automated device for checking parameters of relay and contactors in locomotive depot.

В системі керування будь-якого локомотива, що використовується на залізницях України, застосовуються різні електричні апарати для керування тяговими електродвигунами, системами безпеки та допоміжним обладнанням. Їх можна поділити на такі групи: комутаційні апарати, реле, регулятори. Одним з основних недоліків таких електричних апаратів є наявність рухомих частин та контактів, які з часом зношуються та призводять до поломки апарата [1].

Значну частину від усіх електричних апаратів в локомотиві займають реле та контактори. Вони використовуються для гальванічного відокремлення різних кіл між собою, розгалуження одного сигналу на декілька приймачів, керування обладнанням, та реалізації логіки роботи схеми локомотива. Огляд, перевірка параметрів та ремонт електричних апаратів виконується за планово-попереджувальною системою. Тобто не за фактичним станом конкретного апарату, а по визначених проміжках часу [2-5].

У даній роботі нами розглядається можливість покращення технології ремонту електричного обладнання локомотивів за рахунок впровадження автоматизації перевірки параметрів реле та контакторів в умовах локомотивного депо.

Зараз у більшості депо для перевірки реле та контакторів застосовується застаріле аналогове обладнання, яке вимагає від працівника виконувати перевірку параметрів реле чи контактора повністю вручну. Це породжує імовірність виникнення людської помилки та встановлення на локомотив несправного електричного апарата.

Сучасний розвиток електроніки дозволяє майже повністю автоматизувати процес перевірки параметрів.

Для реалізації такого функціоналу часто використовують електронну схему власної розробки на основі мікроконтролерів, що є дороговартісним та вимагає додаткових витрат на сертифікацію схеми та програмного забезпечення, яке записано в мікроконтролер [6].

Нами пропонується розробити мобільний пристрій для перевірки реле та контакторів без їх зняття з локомотива на базі програмованого логічного контролера із людино-машинним інтерфейсом (ПЛК із ЛМІ). Від людини, в такому випадку, вимагається лише підключити реле чи контактор, що перевіряється, та натиснути кнопку початку перевірки.

При виготовленні в базу даних пристрою попередньо вносяться параметри реле та контакторів, які можуть бути протестованими: а саме тип, рід струму живлення котушки, кількість контактів, величина тестового струму для кожного контакту, допустимі значення перехідного опору контактів, допустимий час спрацювання на замикання і розмикання та кількість циклів перевірки.

Для виконання перевірки працівнику необхідно вибрати електричний апарат із списку за назвою, після чого на екрані ПЛК з'являється схема підключення.

Підключивши пристрій, як вказано на екрані ПЛК, працівник натискає кнопку "Пуск" чим запускає процес перевірки.

З попередньо завантаженої бази параметрів реле та контакторів пристрій має інформацію про напругу живлення та допустимі параметри обраного електричного апарату. Під час перевірки, за допомогою перетворювача напруги, який керується від ПЛК, виконується встановлення необхідної напруги живлення котушки. Після чого відбувається подача живлення на котушку і подача струму відомої величини через контакти реле чи контактора. Вимірявши падіння напруги на контакті, ПЛК розраховує його перехідний опір та порівнює його із допустимими значеннями для цього типу електричного апарату.

Перевірка повторюється циклічно задану у базі даних кількість разів, після чого відбувається видача звіту із максимальними та мінімальними значеннями опору, які було зафіксовано та висновком про придатність електричного апарату до подальшої експлуатації.

Впровадження запропонованого нами пристрою дозволить пришвидшити перевірку реле та контакторів завдяки можливості не знімати їх з локомотива, а також значно зменшить імовірність виробничого браку через помилку людини.

Завдяки вчасному виявленню компонентів, параметри яких перебувають поза допустимими межами очікується підвищення надійності роботи електричних апаратів та реле, що у свою чергу підвищить надійність локомотива.

Література

1. Бобирь, Д. В. Електричне обладнання тепловозів / Д. В. Бобирь, В. Н. Сердюк, М. В. Микуленко, В. Н. Сердюка // *Укр. держ. ун-т науки і технологій* – Дніпро: УДУНТ, 2024. – 316 с.
2. 105.86500.943 09 Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів електровозів постійного струму ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11.
3. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затверджені наказом Міністерства транспорту України № 411 від 20.12.96 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97#Text>
4. Правила безпечної експлуатації електровозів, тепловозів та моторвагонного рухомого складу. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-08#Text>
5. Б. Є. Боднар. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство. Організація ремонтного та експлуатаційного господарства / Б. Є. Боднар, М. І. Каница, Є. Б. Боднар, О. Б. Очкасов; за ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Є. Боднара // *Укр. держ. ун-т науки і технологій* – Дніпро, 2022. – 220 с.
6. Bojan Gergič. Design and implementation of a measurement system for high-speed testing of electromechanical relays / Bojan Gergič, Darko Hercog // *Measurement*, 2019. – 135. – 121p. <http://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.11.028>

УДК 656.13

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА КІЛЬЦЕВІЙ ДОРОЗІ МІСТА ЛЬВОВА

DETERMINATION OF THE LEVEL OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF TRAFFIC FLOWS ON THE RING ROAD OF LVIV

Роман Качмар, Юрій Пороховський, Роман Бойків

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

The paper considers the methodology for assessing the environmental and economic indicators of the functioning of traffic flows on the ring road of Lviv. An approach to determining economic losses caused by the negative environmental impact of traffic intensity is proposed. The results of the study can be used to improve the organization of traffic in order to reduce the environmental load in urban agglomerations.

З метою визначення екологічних індикаторів було удосконалено існуючу методику визначення рівня екологічного впливу транспортного потоку за двома критеріями. Перший дозволяє визначити рівні екологічних та економічних втрат від дії викидів шкідливих речовин на мешканців прилеглої території, а другий – врахувати негативний вплив від створюваного шуму від транспорту. Причому методика дозволяє визначити вплив на три групи, які є споживачами екологічного забруднення. До першої групи належать водії та пасажери транспортних засобів, які знаходяться в джерелі створюваного негативного впливу. До другої групи належать пішоходи, які переміщуються вздовж вулично-дорожньої мережі, сприймаючи найбільший рівень негативного впливу, оскільки на відміну від водіїв, саме тут піддаються найбільшому впливу шуму. До третьої групи належать мешканці прилеглих територій, хоча рівень впливу на них звичайно залежить від наявності додаткових засобів активного чи пасивного захисту від шуму та віддалі від дороги.

Методика визначення екологічних індикаторів дозволяє за вартістю створюваної шкоди для довкілля і людей, які піддаються негативному впливу викидів шкідливих речовин в атмосферу визначити річні втрати перелічених груп [1]:

$$M_{\text{вг}} = [M_0 \cdot C_{\text{мо}} \cdot S + \sum_{i=1}^{i=3} (N_i \cdot C_{\text{мі}})] \cdot \Phi_r \cdot K_c, \text{ грн/рік}, \quad (1)$$

де M_0 – питомий обсяг утворених викидів, кг/км; $C_{\text{мо}}$ – вартість екологічних втрат від викиду 1 кг приведених до СО шкідливих речовин, грн/кг; S – протяжність досліджуваної ділянки, км; N_i – кількість кожної з груп споживачів об'єму викидів, осіб; $C_{\text{мі}}$ – вартість екологічних втрат від дії на людину протягом години шкідливих речовин такої концентрації, яка еквівалентна питомому приведенню до споживача об'єму викидів, грн/особу; Φ_r – річний фонд часу, год; K_c – соціальний коефіцієнт екологічних втрат.

Питомий обсяг утворених викидів визначається [1]:

$$M_0 = Q \cdot t \cdot [K_{\text{пн}}(K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{iv}} - 1) + H_t \cdot K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{iv}}], \text{ кг/(год} \cdot \text{км)}, \quad (2)$$

де Q – розрахункова інтенсивність двостороннього руху транспортного потоку, авт/год; t – базове значення сумарних зведених до СО викидів автомобіля, кг/км [2]; $K_{\text{пн}}$, K_{mv} , K_{iv} – відповідно коефіцієнти динамічний зведення транспортних потоків, зміни викидів від швидкості та зміни викидів від дисперсії швидкості; H_t – коефіцієнт, який враховує вік транспортних засобів.

Визначення негативного впливу транспортного шуму на усіх споживачів визначають за рівнем шкоди здоров'ю людей із врахуванням прийнятого нормативу 35 дБА [1]:

$$I_L = \Sigma(K_{Li} \cdot N_i) \cdot \Phi_p \cdot S \cdot C_v \cdot K_c, \text{ грн.}, \quad (3)$$

де K_{Li} – коефіцієнт питомих втрат національного доходу від збільшеного рівня шуму для кожної категорії споживачів [1]; N_i – питома кількість споживачів даної категорії люд/км; C_v – питома годинна вартість ВВП, яка припадає на особу, грн/год.; K_c – соціальний коефіцієнт екологічних втрат.

За результатами проведених досліджень, встановлені значення уточнюючих коефіцієнтів для встановлення рівня впливу транспортного потоку на довкілля з урахуванням таких чинників [2]: зміни викидів від швидкості транспортних потоків; захисту водіїв і пасажирів, пішоходів та жителів; наявності в потоці електротранспорту і автомобілів з бензиновими і дизельними двигунами, віку транспортного засобу.

Для розрахунку екологічних індикаторів транспортних потоків було обрано найбільш завантажену ділянку кільцевої дороги міста Львова, загальною довжиною 39 км від населеного пункту Рясне Руське до населеного пункту Гамаліївка (рис. 1). Місто не має замкненого кільця навколо міста, що спричиняє необхідність або збільшення тривалості маршруту об'їзду міста, або проходження транспорту через місто транзитом.

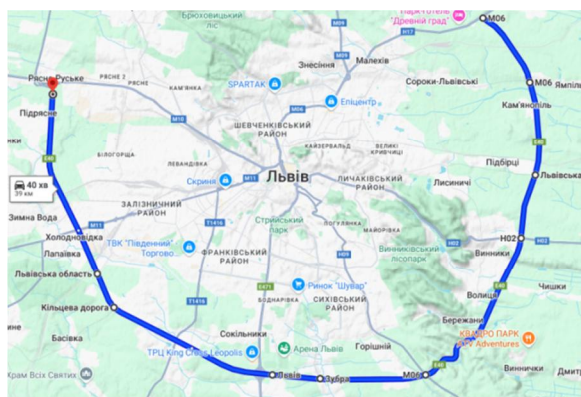


Рис. 1 Досліджувана ділянка кільцевої дороги міста Львова

На досліджуваній ділянці було проведено визначення показників транспортного потоку робочий день тижня (у різні періоди протягом 20 хв). Спостереженнями встановлено такі показники: швидкість руху транспортного потоку; інтенсивність руху транспортних потоків; характеристики проїзної частини; інтенсивність руху пішохідного потоку; кількість жителів прилеглих будинків. Деякі результати натурних досліджень добової інтенсивності руху на кільцевій дорозі м. Львова наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати натурних досліджень добової інтенсивності руху на кільцевій дорозі м. Львова

Точка обліку	Прямий напрям		Зворотній напрям		Інтенсивність добова, авто/добу
	авт/ добу	напрямок	авто/ добу	напрямок	
т.44, Ямпіль	8054	до Винник	8676	до Гамаліївки	16730
т.38, Підбірці-Миклашів	10532	до Винник	10434	до Гамаліївки	20966
т.36, Винники-Золочів	13324	до Чиньки	14792	до Винник	28116
т.33, Мала Швейцарія	15234	до Винник	13984	від Винник	29218
т.29, Зубра-Пасіки Зубрицькі	13782	від Зубри	12748	до Зубри	26530
т.26, Сокільники	14998	до Арени-Львів	12640	до Сквилова	27638
т.24, Сквилів	15430	до Басівки	17904	до Сокільник	33334
т.23, Басівка	15028	до Метро	15520	від Метро	30548
т.19, Білогорща	12956	зі Львова	14350	до Львова	27306

При врахуванні складу транспортного потоку він ділився на такі категорії: мотоцикли, легкові автомобілі, автобуси, вантажні автомобілі вантажністю від 2 до 6 т та більше 6 т. На основі отриманих даних побудовано гістограми інтенсивності руху транспортного потоку за годинами доби для кожної ділянки. На рис. 2 наведено зміну інтенсивності транспортного потоку на першій ділянці кільцевої дороги М06 між селами Гамаліївка та Ямпіль, загальною протяжністю 3,3 км.

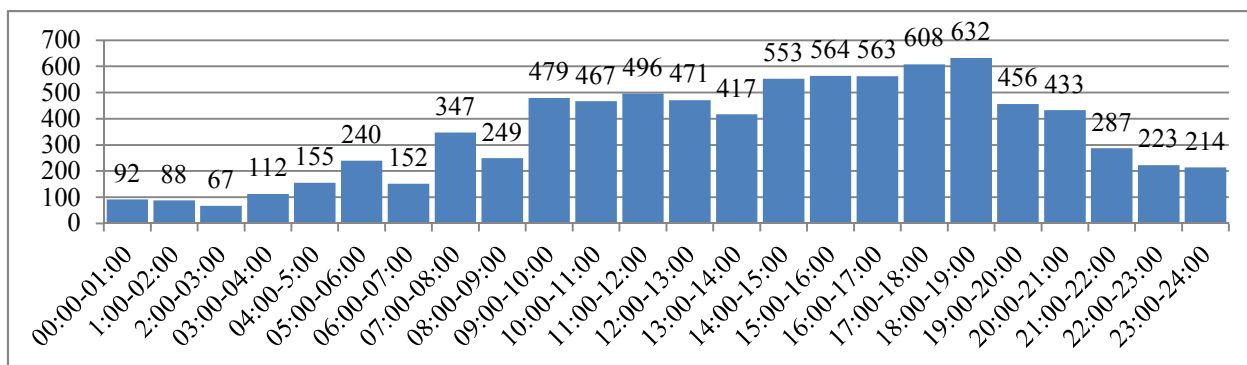


Рис. 2 Зміна інтенсивності транспортного потоку на ділянці кільцевої дороги М06 від с. Гамаліївка до с. Ямпіль

За наведеною методикою проведено визначення питомого обсягу утворених викидів для фіксованої відстані ділянки дороги, визначено річні економічні втрати від викидів шкідливих речовин в атмосферу, сукупні втрати від створюваного шуму транспортними потоками для кожного із груп споживачів (рис. 3).

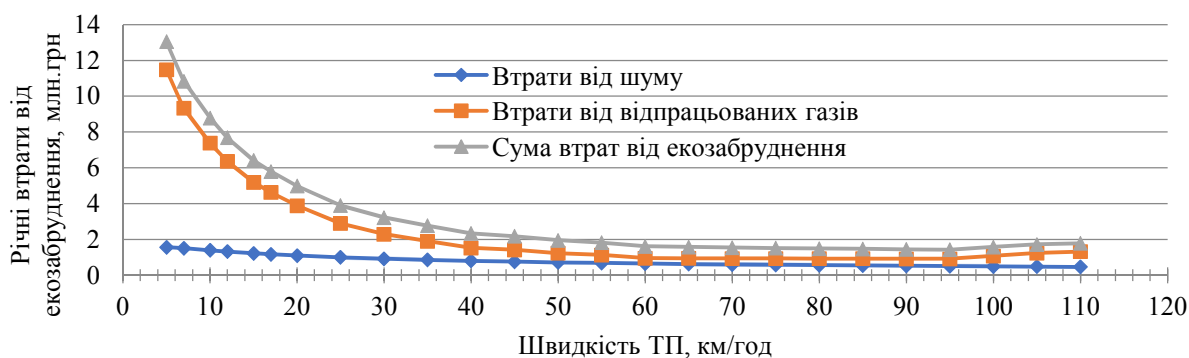


Рис. 3 Зміна економічних індикаторів негативного впливу транспортного потоку кільцевої дороги м. Львова залежно від його швидкості

За результатами проведених розрахунків встановлено економічний мінімум від екологічних небезпек транспортного потоку для кільцевої дороги м. Львова – 1344 тис.грн/рік за розрахункової швидкості потоку 95 км/год. Сьогодні середня швидкість проходження даної ділянки дороги складає 30-35 км/год, що призводить до більш ніж двічі більшої шкоди при розрахунку за даною моделлю. Таке низьке значення швидкості руху транспорту викликане наявністю великої кількості вантажних автомобілів, регульованих перехресть та примусового обмеження швидкості на деяких ділянках кільцевої дороги.

Розроблена модель визначення екологічних індикаторів від автомобільного транспорту дозволяє враховувати екологічну і економічну складові. Визначення екологічних та економічних індикаторів впливу транспортних потоків на кільцевій дорозі міста Львова

сьогодні є ефективним способом пошуку оптимальних методів удосконалення ділянок дорожньої мережі навколо Львова.

Література

1. Kachmar R. *The impact of parameters of traffic flows of Lviv street-road network on the level of environmental and economic losses* /Roman Kachmar, Olena Lanets // *Transport Technologies*. – Lviv: Lviv Politechnic Publishing House, 2020. – Vol 1. – No 1. – P. 83-91.
2. Kachmar R. *Complex assessment of road transport hazards* // *Transport Technologies*. – 2022. – Vol. 3, № 1. – С. 1–13.

УДК 629.4

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, РОЗУМНИЙ ТРАНСПОРТ

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS, SMART TRANSPORT

Тарас Федунь, Вікторія Лаврів

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

The article analyzes the problem of traffic congestion in large cities of Ukraine and ways to improve them. The involvement of foreign methods of modernization of transport infrastructure and the development of smart transport to ensure greater throughput of transport flow in the cities of Ukraine.

Стрімкий розвиток урбанізації завдає неабияких серйозних викликів транспортній інфраструктурі українських міст. Із зростанням міст таких, як Львів, Київ, Одеса, Дніпро, можемо спостерігати перенасичення транспортної мережі та нездатність дорожньої інфраструктури забезпечити безпеку руху. Щоденні затори призводять до втрати часу в дорозі, погіршення екології міста та зниження економічної продуктивності. Через застарілу інфраструктуру та недостатню інтеграцію видів транспорту, громадський транспорт стає менш привабливим у містах.

Для підвищення безпеки руху та ефективності самого процесу перевезення великого значення набувають інтелектуальні транспортні системи – це комплекс засобів автоматизації та обробки великого обсягу даних для оптимізації транспортних процесів. Саме концепція «розумного транспорту» допомагає у створенні безпечного та комфортного середовища для життя в умовах високого рівня урбанізації та безперервного використання транспорту. Також використання комп'ютерних та інформаційних технологій для управління транспортними засобами з переміщенням пасажирів та вантажів у реальному часі, а саме прокладання маршрутів в реальному часі та визначення відстаней і часу між ключовими точками [1]. Із використанням інтелектуальних транспортних систем можна забезпечити не лише безпеку на дорогах і екологічність, а й суттєво скоротити кількість корків на дорогах та покращити інтеграцію кількох видів транспорту.

Гіпотеза інтелектуальної транспортної системи несе в собі комплекс підвищення ефективності, безпеки та екологічності міського транспорту та його оптимізацію стосовно потреб населення. Використання електронних, бездротових та інтернет – технологій,

забезпечить доступ до розумніших та безпечніших подорожей містом. Найчастіше починають із розбудови інтелектуальної транспортної інфраструктури у форму Інтелектуальної транспортної мережі : системи управління громадським транспортом, інформаційна система маршрутів та їх електронних розклад руху, система безпеки керування транспортним засобом та єдиний тариф [2]. Отже саме перехід до інтелектуальної транспортної системи дасть можливість перетворити традиційну транспортну систему з недосконалою інфраструктурою на інтелектуальний простір , який буде підлаштований під потреби населення і допоможе в оптимізації трнспортного процесу.

Інтелектуальна транспортна система включає в себе: систему моніторингу дорожньої ситуації; автоматизацію в упралінні транспортом в реальному часі; системи інтелектуального паркування, яке дозволяє водіям відстежувати вільні місця для паркування; використання великого обсягу даних та прогноз ситуацій на дорогах. Успішне впровадження інтелектуальної транспортної системи буде ефективно взіємодіяти на цифрових платформах та з їхніми користувачами. Неодноразово можна почути про інновації в оптимізації та автоматизації транспортних процесів та управління дорожнім рухом. Зараз розвиток інтелектуальних транспортних систем відкриває все більше нових можливостей , які допоможуть покращити транспортну ситуацію в українських містах, а саме: використання систем моніторингу дорожньої ситуації, перехід до автоматизованого керування світлофорами залежно від інтенсивності руху транспорту , повне впровадження та розвиток електронного квитка як у Львові, так Києві, розробка систем паркування із сучасними датчиками для відстеження вільних місць, розробка єдиних платформ для інтеграції різних видів транспорту із відстеженням у реальному часі .

В українських містах також активно працюють для пошуку вирішення або покращення транспортної ситцації. В Києві активно йде процес впровадження Kyiv Smart City для кращого моніторингу руху в місті та управління транспортом . Сьогодні Smart City є ключовим аспектом організації сучасного міського розвитку, управління та планування й поєднує різні виміри, такі, як ефективність, стабільність, екологічність, інноваційність та креативність управління. «Розумні Міста» стають сполучною організаційною ланкою між створенням середовища, яке сприяє удосконаленню інтелектуальних та освітніх навичок населення й інноваційною продуктивністю організацій, що перебувають у цьому середовищі [3]. Львів також працює над розробкою проекту Smart Transport , який забезпечить мінімізацію заторів та допоможе оптимізувати рух транспорту .

За підтримки держави та із залученням приватних інвестицій розвиток ІТС зросте та розвинеться державно-приватне партнерство.Створення спеціалізованих центрів з питань впровадження ІТС забезпечать більшу ефективність системи. Також регулярний моніторинг дозволить ефективно впроваджувати та адаптовувати системи відповідно до викликів . ІТС майбутнього повинні забезпечити більш високий рівень безпеки і надійності, і при цьому здійснювати мінімальний вплив на довкілля і соціальну обстановку. Поява ІТС, їх прикладне використання свідчить, що розвиток транспортних систем підійшов до важливого рубежу. ІТС надають можливість також змінити парадигму і ліквідувати секторіальний розрив у стійкому розвитку транспорту та підстави для розвитку ефективних транспортних технологій [4].

Література

1. Онищенко В.В. *н.ст. Магістр Харківський національний автомобільно-дорожній університет* УДК 656.078 <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/98ee4aa8-d87a-4772-84f8-04d6d07de1ca/content>

2. Алексієв О.П., Алексієв В.О., Неронов С.М., Дьяков А.Е. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків УДК 004
<https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/51557325-6a3f-4c97-aac5-d653635dd0f9/content>

3. «Система Smart City, як ефективний інструмент в управлінні містом»
<https://er.ucu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/77b05d66-7e55-488d-812b-a6d6dec697d8/content>

4. В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф., А.В. Гриньків, канд. техн. наук, А.О. Головатий, асп.,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/b6a340ad-e4d1-432e-86fc-5438af3e6ba8/content>

УДК 656.2.073:339.922

ЄВРОІНТЕГРАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ: ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ КОЛІЇ СТАНДАРТУ 1435 ММ НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА

EUROPEAN INTEGRATION OF UKRAINE'S RAILWAY TRANSPORT: TECHNICAL
AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE 1435 MM
STANDARD GAUGE ON THE EXAMPLE OF THE LVIV RAILWAY NODE

Юлія Германюк, Ігор Паленик

Національний університет «Львівська політехніка», вул. Ст. Бандери, 32

The prospects for integrating Ukrainian railway transport into the European space through the construction of a 1435 mm standard gauge were considered. The technical and organisational aspects of modernising railway infrastructure were analysed using the example of the Lviv railway junction. The feasibility of implementing projects to reconstruct sections and create a modern railway station complex "Lviv-Sknyliv" with a railway connection to the airport was substantiated.

Залізничний транспорт України, як і держава в цілому, орієнтований на експортно-імпорتنі вантажні перевезення до країн Європейського Союзу, що обумовлює необхідність вирішення комплексу питань щодо організації перевезень через державний кордон. У контексті євроінтеграції залізниць України фахівці різних галузей працюють над пошуком технічних та організаційних рішень для усунення існуючих бар'єрів. Одним із головних факторів, що гальмує процес інтеграції української залізничної мережі до європейської, є різна ширина колії.

Повний перехід залізничної мережі України на стандарт колії 1435 мм вирішив би цю проблему, однак таке рішення є надзвичайно затратним як у фінансовому, так і в часовому аспектах. Одним із реалістичних варіантів, який уже розглядається в експертному середовищі, є поетапне прокладання колії 1435 мм углиб території України. Це дозволить суттєво скоротити час на переробку вантажів на прикордонних станціях, перенести частину операцій з пунктів перевалки до внутрішніх станцій, де буде облаштовано вузьку колію, а також покращити пасажирське сполучення між містами ЄС та України. Такий підхід внесе позитивні корективи у соціально-економічний розвиток держави та підвищить конкурентоспроможність транспортної галузі.

У першу чергу реконструкції та будівництву колії стандарту 1435 мм підлягають станції, розташовані вздовж західного кордону України, особливо ті дільниці, які ведуть до великих транспортних вузлів і забезпечують зручний та прямий вихід у центральну частину країни. Одним із пріоритетних об'єктів для такого будівництва є Львівський залізничний вузол – один із найбільших в Україні. Цей вузол виконує важливу роль як у перевізному процесі, так і в економіці країни загалом. Він забезпечує переробку значної частини вагонопотоків, що прямують із центральної частини України за кордон і у зворотному напрямку. У його складі функціонують дві сортувальні станції, які входять до десятки найбільших в Україні, три вантажні станції, що спеціалізуються переважно на вивантаженні, а також проміжні станції, колійний розвиток яких використовується для перенаправлення поїздів між станціями вузла та їх подальшого спрямування до місця призначення.

Найбільш перспективною для реконструкції є дільниця Львів—Мостиська-2—Перемишль. Вона дасть змогу організувати курсування низки пасажирських поїздів різної ширини колії, а також суттєво розвантажити прикордонну станцію Мостиська-2, яка вже сьогодні не справляється з наявними обсягами поїздів та не має можливості переробляти таку кількість поїздів за добу.

Будівництво колії стандарту 1435 мм на цій дільниці до станції Скнилів дозволить розвантажити вузькі парки, перенести частину роботи з контейнерними поїздами безпосередньо на станцію Скнилів, а також створить сприятливі умови для розвитку контрейлерних перевезень. Контрейлерні перевезення є перспективною та економічно доцільною пропозицією для вантажовідправників, оскільки за достатнього обсягу вантажів та належної організації транспортного терміналу значна частина додаткових операцій стає зайвою. Це дозволить залучити до залізничних перевезень дрібніших клієнтів.

Окремої уваги заслуговує проєкт будівництва сучасного міжнародного вокзалу «Львів-Скнилів» із прокладанням залізничної лінії до міжнародного аеропорту імені Данила Галицького. Реалізація цього проєкту дозволить вивести пасажирські перевезення у регіоні на якісно новий рівень, адже залізниця зможе надавати сервіс європейського рівня. Організація перевезень пасажирів з аеропорту безпосередньо до станцій Скнилів і Львів, з можливістю подальших пересадок на поїзди внутрішнього сполучення, стане додатковим чинником підвищення мобільності населення та туристичної привабливості регіону. Аналогічний проєкт – Kyiv Bogyspil Express – до «закриття неба» користувався великим попитом серед пасажирів і продемонстрував доцільність таких рішень.

Особливої уваги потребує планування вокзалу, адже через нього щоденно проходить значна кількість пасажирів. Він має бути максимально зручним для всіх категорій населення, включно з маломобільними пасажирами та особами з інвалідністю. Вокзал має стати не лише транспортним вузлом, а й комфортним центром відпочинку для пасажирів, які цінують якісний сервіс і зручні подорожі.

Організація підв'язки пасажирських та експрес-поїздів за маршрутом Аеропорт—Скнилів—Львів, із врахуванням графіків прибуття/відправлення поїздів іншої ширини колії та рейсів авіаційного транспорту, дозволить пасажирам зручно здійснювати пересадки на поїзди будь-якого напрямку. Це позитивно позначиться на населеності поїздів та збільшенні прибутковості вагонів впродовж року.

У подальшому реконструкція дільниці Мостиська-2—Скнилів відкриє ще ширші перспективи для розвитку залізничного транспорту західного регіону України. Зокрема, планується будівництво колії стандарту 1435 мм за стратегічними напрямками Львів—Чернівці, Львів—Ковель та Львів—Красне. Станція Ковель на північно-західній частині залізничної мережі України може стати важливим пересадковим хабом для пасажирів, розвиваючись паралельно з іншими вузлами.

Реалізація цих проєктів позитивно вплине на економіку країни, розвиток туризму та транспортної інфраструктури. З огляду на високі туристичні показники західного регіону, модернізація залізничної інфраструктури створить передумови для подальшого зростання цієї галузі.

Отже, розвиток мережі залізниць зі стандартною шириною колії 1435 мм є неминучим і в перспективі об'єднає всі західні транспортні вузли України. Це сприятиме розвитку не лише окремих територій, а й цілого регіону. Згодом будівництво вузької колії пошириться і на центральну частину країни, забезпечуючи повноцінну інтеграцію української залізничної мережі до європейського транспортного простору.

Література

1. *Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року.* – Затверджена розпорядженням КМУ від 30.05.2018 р. № 430-р.
2. *План відновлення України. Транспортна інфраструктура.* – Офіційний документ, 2023. <https://recovery.gov.ua/>
3. Головач, А. В. Європейська інтеграція транспортної системи України: перспективи та виклики // *Транспортні системи та технології перевезень.* – 2022. – № 2. – С. 15–22.
4. *Ukrzaliznytsia Development Strategy 2023–2030.* – Офіційний документ АТ «Укрзалізниця».
5. Паламарчук, М. І., Ігнатенко, Д. О. Розвиток залізничної інфраструктури України в контексті інтеграції до TEN-T // *Вісник економіки транспорту і промисловості.* – 2021. – № 74. – С. 67–74.
6. Knierim, A., & Becker, A. (2021). *Railway infrastructure integration in Central and Eastern Europe: Challenges and opportunities.* *Transport Policy*, 100, 50–60.
7. European Commission. (2023). *EU Rail Transport Policy and TEN-T Core Network Corridors.* Available at: <https://transport.ec.europa.eu>.
8. International Union of Railways (UIC). (2023). *Railway corridors and gauge compatibility in Europe: current state and prospects.* Available at: <https://uic.org>.
9. Vassallo, J. M., & Fagan, M. (2021). *A policy roadmap for rail infrastructure modernization in Eastern Europe.* *Journal of Transport Geography*, 93, 103068.
10. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103068>.

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

Міжнародна науково-практична конференція

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

15–16 травня 2025 року

Відповідальний за випуск Євген ФОРНАЛЬЧИК

Комп'ютерне верстання Максим АФОНІН

Олег ГРИЦУНЬ

Художник-дизайнер

Марія ІВАНЕЦЬ

Режим доступу:

https://drive.google.com/drive/folders/1cuunzthh_ure2TQm154yi4bBPoaPraAq?usp=sharing

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79005
тел. +380 32 2584103, факс +380 32 2584101
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua

