

АВТОШАХОВИК УКРАЇНИ

4'2021

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ
ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

ДП "ДержавтрансНДІпроект"
ДП "ДерждорНДІ"
НТУ

Науково-виробничий журнал
"Автошляховик України"
№ 4 (268) 2021
За матеріалами
Всеукраїнської науково-практичної
конференції "Перспективи розвитку
автомобільного транспорту
та інфраструктури"
Заснований у вересні 1960 року
Зареєстрований
14 грудня 2016 року

Свідоцтво Міністерства юстиції
України про державну реєстрацію
засобу масової інформації
№22472-12372 ПР серія КВ

Наукове фахове видання
згідно з наказом Міністерства освіти
і науки України
від 10.05.2017 №693

Головний редактор:
Дмитриченко М. Ф.

Заступники головного
редактора:
Горицький В. М.
Безуглий А. О.
Новікова А. М.
Каськів В. І.

Редакційна колегія:
Агеєв В. Б.
Белятинський А. О.
Богомолов В. О.
Бондар Н. М.
Бондаренко Є. В.
Вирожемський В. К.
Гутаревич Ю. Ф.
Золотарьов В. О.
Клименко О. А.
Колесник Ю. Р.
Криворучко О. М.
Luty Witold
Мержиський В. В.
Мозговий В. В.
Нагайчук В. М.
Поліщук В. П.
Редзюк А. М.
Сахно В. П.
Sterenharz Arnold
Шинкаренко В. Г.

Випусковий редактор:
Бойко О. С.

ISSN: 0365-8392

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-4-268

Передплатний індекс – 74 000

Індексується:
Ulrichsweb
CrossRef
Google Scholar

ЗМІСТ

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ "ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ" – НОВА МІЖГАЛУЗЕВА, МІЖДИСЦИПЛІНАРНА ПЛАТФОРМА

В. М. Горицький, О. А. Клименко Концепція реалізації державної політики у сфері регулювання екологічних властивостей колісних транспортних засобів у життєвому циклі	6
А. В. Горпинюк, Ф. М. Брегіда, А. І. Данько, В. В. Мержиський, Ю. О. Пономарьова Європейська система дотримання вимог безпечності колісних транспортних засобів протягом життєвого циклу	16
М. К. Велісевич, О. В. Постпішна Аспекти запровадження в Україні критеріїв якості послуг пасажирського автомобільного транспорту з використанням досвіду Євросоюзу	24
Р. С. Лисак, І. В. Самойленко, І. В. Сингайвська Підвищення рівня екологічної безпеки транспортного підприємства методами дизайн-мислення	29
С. І. Бондарев Оптимізація операційної діяльності підприємств для виконання пасажирських автоперевезень за критеріями якості	34
Ю. Ю. Кукурудзяк Модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів на основі інтелектуальних методів обробки інформації	40
В. В. Рудзінський, В. О. Ломакін, С. В. Мельничук, Б. В. Ємець, Я. С. Мельничук Оцінка якості руху автомобіля під час руху заданим маршрутом міста	45
М. О. Афонін, Т. М. Постранський Моделювання порейсових витрат на пальне з урахуванням сезонних чинників та частки пробігу за кордоном	50
А. А. Лісовал Застосування суміші біогазу з метаном у газовому двигуні	56
О. Ф. Волков, Н. О. Науменко Методика розрахунку невизначеності вимірювання з урахуванням рекомендацій ILAC-G8:09/2019	62
Л. В. Шевчук, О. І. Білобрицька, І. І. Гринчак Вплив несумісності термомеханічних параметрів тримальних шарів мостової конструкції на її термоапрежній стан	71

Мови видання: українська, російська та англійська.

Макетування: Шеканова Т. В.

Усі статті проходять одностороннє сліпє рецензування або відкрите рецензування
та схвалені до друку рішенням редколегії.

За достовірність фактів, цифр, точність імен і прізвищ відповідають автори статей,
за зміст рекламих матеріалів – рекламодавці.

Редакція не завжди поділяє погляди авторів публікацій.

Усі права захищені. Передрук матеріалів можливий лише з дозволу редакції.

Видавець:

ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут".

Адреса: 03113, Київ-113, пр. Перемоги, 57, тел. 456-30-30.

Адреса редакції: 03113, Київ-113, пр. Перемоги, 57, к. 902

e-mail: oboiko@insat.org.ua

Підписано до друку 24.12.2021

Формат 60x84/8. Друк офсетний. Папір крейдований.

Ум. друк. арк. 8,75. Зам. 922.

Видавець і виготовник Комунальне книжково-газетне видавництво "Полісся".

10008 Житомир, вул. Шевченка, 18а.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру: серія ЖТ № 5 від 26.02.2004 року

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ "ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ" –

**НОВА МІЖГАЛУЗЕВА, МІЖДИСЦИПЛІНАРНА
ПЛАТФОРМА**

23-25 листопада 2021 року відбулася триденна Всеукраїнська науково-практична конференція "Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури"

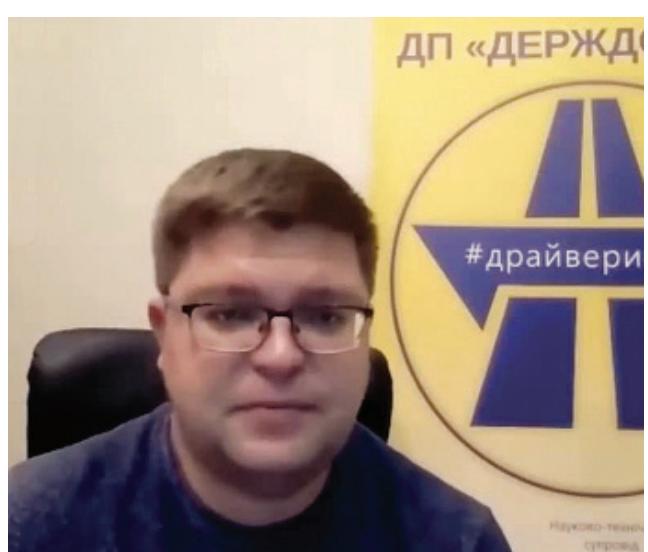


**Віктор Михайлович ГОРИЦЬКИЙ,
директор ДП "ДержавтотрансНДПроект"**

Держава, органи виконавчої влади, зокрема Міністерство інфраструктури України, Державне агентство автомобільних доріг України, Державна служба України з безпеки на транспорті та інші приділяють велику увагу вирішенню проблемних питань функціонування і розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури з активним застосуванням наукової громадськості. Глобалізація, євроінтеграційні процеси та зобов'язання створюють як нові можливості, так і нові виклики для транспортної та інших галузей нашої економіки, що потребує якісних перетворень, впровадження

новітніх технологій, підвищення ефективності та конкурентоздатності вітчизняної економіки.

Одним із реалізованих заходів останнього часу в цьому напрямку стала перша науково-практична конференція, організована спільно двома провідними галузевими науково-дослідними інститутами: "Державним автотранспортним науково-дослідним і проектним інститутом" (ДП "ДержавтотрансНДПроект") і "Державним дорожнім науково-дослідним інститутом імені М. П. Шульгіна" (ДП "ДерждорНДІ") за підтримки Комітету Верховної Ради України з питань транспорту та інфраструктури. Конференція проведена в розширено-



**Артем Олександрович БЕЗУГЛИЙ,
директор ДП "ДерждорНДІ"**

му форматі, як міжгалузева, міждисциплінарна платформа з метою наукової, експертно-аналітичної та інформаційної підтримки держави у визначеній стану, проблем, тенденцій, перспектив і доцільних стратегій розвитку автомобільного транспорту, інфраструктури та суміжних галузей з огляду на міжнародну інтеграцію та глобальні виклики, обміну досвідом і досягнення ефекту синергії.



Михаїл Федорович ДМИТРИЧЕНКО,
ректор Національного транспортного університету

Основні тематичні напрями конференції охоплюють широке коло актуальних питань транспортної, дорожньої, машинобудівної та інших суміжних галузей, зокрема:

- Стан, проблеми, тенденції, перспективи та стратегії розвитку галузі автомобільного транспорту, транспортного машинобудування, дорожньо-транспортної інфраструктури, транспортної енергетики та суміжних галузей, визначення пріоритетів державного та технічного регулювання.

- Транспортні системи, економіка автомобільних перевезень, логістика, ланцюги постачання, комплексні транспортні проблеми, міжнародна інтеграція, європейська і національна транспортні політики, міжнародні автомобільні перевезення – перспективи розвитку, проблеми та шляхи їхнього вирішення.

- Стратегічні напрями розвитку дорожньої інфраструктури та пов'язані питання безпеки дорожнього руху, виклики і перспективи покращення. Сучасні матеріали і технології будівництва та відновлення об'єктів дорожньо-транспортної інфраструктури. Актуальні питання екології в будівництві та експлуатації автомобільних доріг.

- Технології та інновації, питання енергетики, енергоефективності, екології (зокрема кліматичних змін), безпеки, економіки, пов'язані зі створенням, експлуатацією, утилізацією і загалом із життєвим циклом засобів транспорту та об'єктів інфраструктури.

- Тенденції розвитку конструкції автомобілів. Перспективи двигунів внутрішнього згоряння. Акумуляторні електромобілі та зарядна інфраструктура. Гібридні технології. Автомобілі на паливних комірках. Воднева енергетика і транспорт. Інші альтернативні джерела енергії, диверсифікація. Шини, мастильні й інші експлуатаційні матеріали.

- Транспортне машинобудування, проблеми вітчизняної автомобілебудівної та суміжних галузей, шляхи їхнього вирішення. Матеріалознавство та довговічність матеріалів, покриттів, конструкцій. Динаміка та міцність машин і споруд. Теорія, моделювання, обладнання і технології розроблення нових зразків техніки.

- Технічні регламенти та оцінка відповідності продукції. Сучасні технології, методи, системи та інструментальні засоби розроблення, дослідження і оцінки відповідності конструкції автомобілів та їхніх складових частин.

- Електронне, комунікаційне й електротехнічне обладнання засобів транспорту та інфраструктури. Інформаційно-комунікаційні технології на транспорті. Інтелектуальні транспортні системи. Кібернетична безпека на транспорті.



Мустафа-Масі НАЙЄМ,
заступник Міністра інфраструктури України



Орест Дмитрович КЛІМПУШ,
голова Федерації роботодавців транспорту України

• Математичне моделювання у вирішенні прикладних завдань у транспортних системах та машинобудуванні.

• Технічне обслуговування і ремонт, сервіс. Нормативне, методичне та інструментальне забезпечення обов'язкового технічного контролю, оцінки придатності до експлуатації і технічної при дорожньої перевірки транспортних засобів. Забезпечення безпеки автомобілів, що перебувають в експлуатації, у разі внесення змін до їхньої конструкції.

• Системи управління якістю. Питання акредитації лабораторій та органів з оцінки відповідності. Стандартизація. Метрологічне забезпечення.

• Організація наукової діяльності, розвиток компетенцій, підготовка фахівців у транспортній, дорожній, машинобудівній та інших суміжних галузях.

Активну участь у конференції взяли представники державних органів влади у транспортній, дорожній і суміжних сферах, провідні науковці з більше ніж десяти дослідницьких організацій (серед них – шість провідних інститутів Національної академії наук України), дванадцять університетів, поважні представники промисловості, зокрема Асоціації автовиробників України, громадських організацій та професійних об'єднань, зокрема Федерації роботодавців транспорту України, Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України, Транспортної академії України, що опікуються життєво важливими питаннями транс-

портної, дорожньої та інших суміжних галузей, а також суспільства загалом. До роботи також долучилися представники Технологічного університету Дрездена.

Конференцію відкрив Горицький Віктор Михайлович, директор ДП "ДержавтотрансНДІпроект", професор, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук.

Кісель Юрій Григорович, голова Комітету Верховної Ради України з питань транспорту та інфраструктури, передав вітання учасникам конференції офіційним листом.

Зі вступними словами та з викладенням нагальних проблем дорожньої і транспортної галузей, стратегічним баченням шляхів їхнього вирішення також виступили, зокрема:

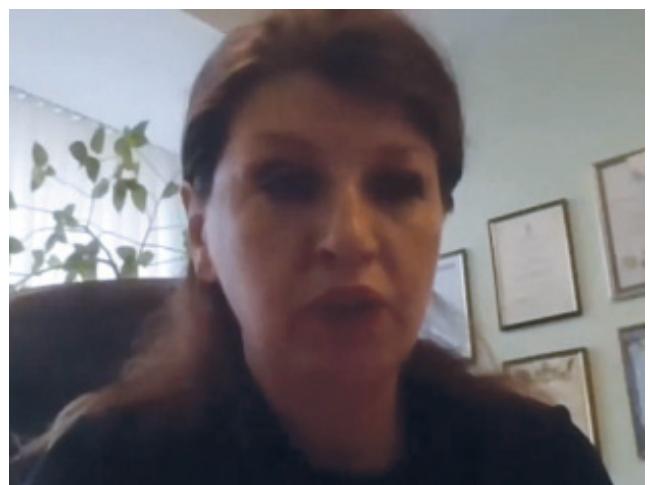
Мустафа-Масі Найєм, заступник Міністра інфраструктури України;

Безуглій Артем Олександрович, директор ДП "ДерждорНДІ", доцент, дійсний член Транспортної академії України, кандидат економічних наук;

Дмитриченко Микола Федорович, ректор Національного транспортного університету, президент Транспортної академії України, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, академік Національної академії педагогічних наук України, доктор технічних наук;

Хорст Бруннер, професор Технологічного університету Дрездена (Німеччина), доктор технічних наук;

Соляннік Катерина Володимирівна, т. в. о. директора Директорату стратегічного планування та



Катерина Володимирівна СОЛЯННІК,
т. в. о. директора Директорату стратегічного
планування та європейської інтеграції Міністерства
інфраструктури України

європейської інтеграції Міністерства інфраструктури України, кандидат економічних наук;

Климпуш Орест Дмитрович, голова Федерації роботодавців транспорту України, професор, дійсний член Транспортної академії України, кандидат технічних наук;

Костюченко Леонід Михайлович, голова Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України (АсМАП України) та інші поважні учасники.

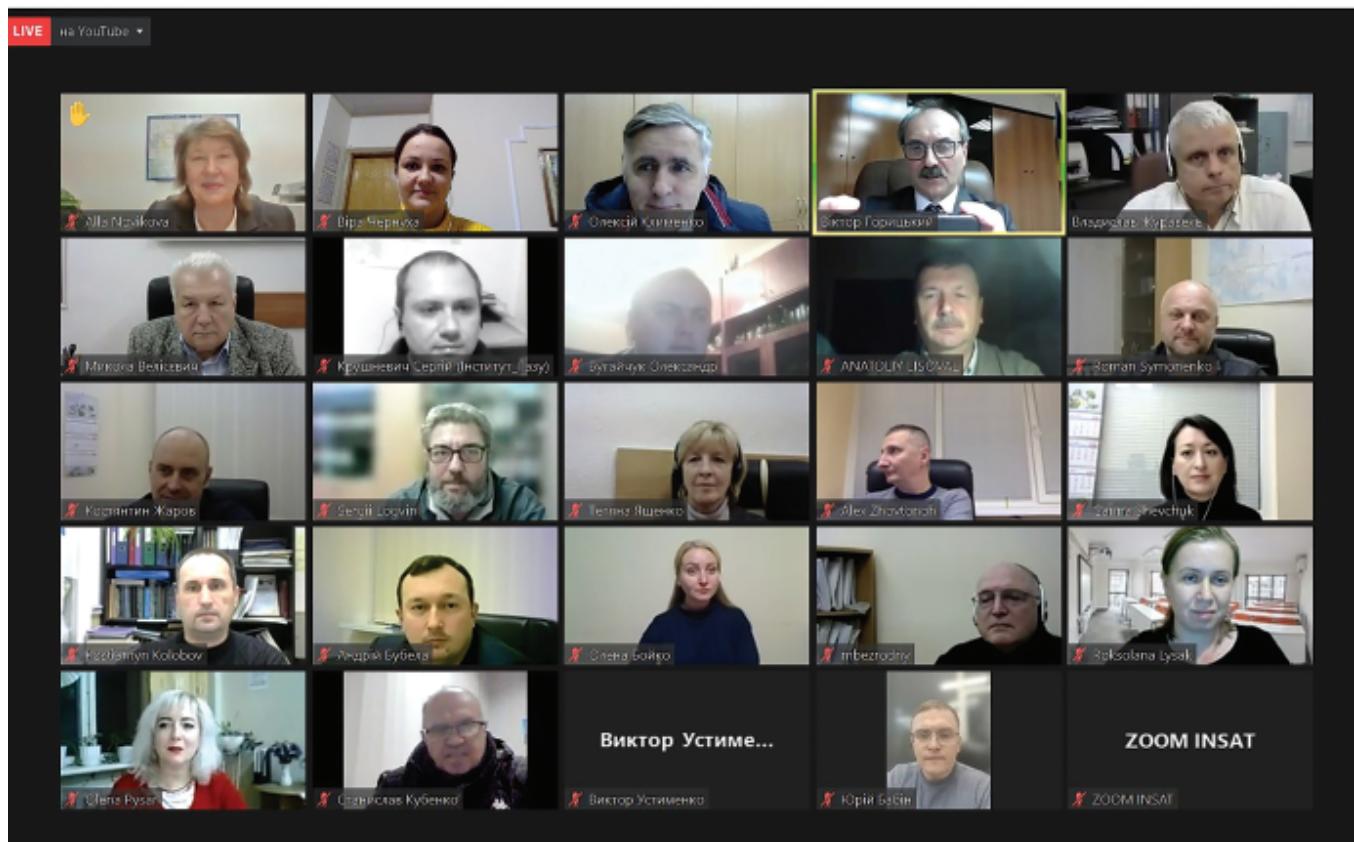
Упродовж трьох днів напруженої роботи учасниками зроблено понад 70 доповідей за більш ніж 100 актуальними напрямами з висвітленням нагальних проблем діяльності, шляхів їхнього вирішення та перспектив розвитку транспортної, дорожньої, машинобудівної, енергетичної та інших суміжних галузей. Учасники спробували заглянути в майбутнє транспортної і суміжних галузей за різними сценаріями соціально-економічного розвитку країни та державного регулювання.

За результатами роботи заходу публікуємо рецензовані наукові статті учасників у двох числах часопису "Автошляховик України".



Леонід Михайлович КОСТЮЧЕНКО,
голова Асоціації міжнародних автомобільних
перевізників України (АсМАП України)

Відеодоповіді та їхнє обговорення на конференції, дискусії можна подивитися на YouTube-каналі INSAT UA. Програму роботи конференції викладено за посиланням в описі до відео.



© В. М. Горицький, докт. техн. наук, професор, директор, e-mail: gorytski@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5903-1368;
 © О. А. Клименко, докт. техн. наук, доцент, заступник директора з наукової роботи, e-mail: aklimenko.insat@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2323-6839
 (ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут")

© В. М. Горицкий, докт. техн. наук, профессор, директор, e-mail: gorytski@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5903-1368;
 © О. А. Клименко, докт. техн. наук, доцент, замістельник директора по науковій роботі, e-mail: aklimenko.insat@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2323-6839
 (ГП "Государственный автотранспортный научно-исследовательский и проектный институт")

© Viktor Gorytskyi, Doctor of Technical Sciences, Engineering (Dr.), Professor, Director, e-mail: gorytski@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5903-1368;
 © Oleksii Klymenko, Doctor of Technical Sciences, Engineering (Dr.), Associate Professor, Deputy Director for Research, e-mail: aklimenko.insat@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2323-6839
 (State Enterprise "State Road Transport Research Institute")

КОНЦЕПЦІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ У СФЕРІ РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ

КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ

THE CONCEPT OF STATE POLICY IMPLEMENTATION IN THE FIELD OF REGULATION OF ENVIRONMENTAL PROPERTIES OF WHEELED VEHICLES IN LIFE CYCLE

Анотація. В порядку обговорення наведено пропозиції щодо Концепції реалізації державної політики у сфері регулювання екологічних властивостей колісних транспортних засобів у життєвому циклі. Метою Концепції є визначення засад створення нормативно-правової бази, інструментів та послідовних і системних заходів із реалізації ефективної державної політики у сфері регулювання істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів у життєвому циклі для забезпечення: зменшення викидів токсичних речовин дорожнім транспортом в експлуатації та покращення якості атмосферного повітря міст; зменшення інших проявів техногенного тиску дорожнього транспорту на довкілля та людину; загалом покращення умов проживання людей у містах; зменшення споживання транспортом енергетичних ресурсів; зменшення викидів транспортом парникових газів; загалом зменшення негативного впливу транспортно-дорожнього комплексу та пов'язаних галузей на навколишнє природне середовище. Надано пропозиції щодо термінології та визначені у цій сфері. Описано шляхи і способи розв'язання виокремлених проблем.

Ключові слова: колісні транспортні засоби, дорожній транспорт, системне управління, екологічні властивості, ефективність використання енергії, забруднення довкілля, життєвий цикл.

Аннотация. В порядке обсуждения представлены предложения по Концепции реализации государственной политики в сфере регулирования экологических свойств колесных транспортных средств в жизненном цикле. Целью Концепции является определение принципов создания нормативно-правовой базы, инструментов, последовательных и системных мер по реализации эффективной государственной политики в сфере регулирования существенных экологических свойств колесных транспортных средств в жизненном цикле для обеспечения: уменьшения выбросов токсичных веществ дорожным транспортом в эксплуатации и улучшения качества атмосферного воздуха

городов; уменьшение других проявлений техногенного давления дорожного транспорта на окружающую среду и человека; в целом улучшение условий проживания людей в городах; уменьшения потребления транспортом энергетических ресурсов; уменьшение выбросов транспортом парниковых газов; в целом уменьшение негативного влияния транспортно-дорожного комплекса и связанных отраслей на окружающую среду. Представлены предложения по терминологии и их определению в данной сфере. Описаны пути и способы решения отмеченных проблем.

Ключевые слова: колесные транспортные средства, дорожный транспорт, системное управление, экологические свойства, эффективность использования энергии, загрязнение окружающей среды, жизненный цикл.

Abstract. The Concept of state policy implementation in the field of regulation of environmental properties of wheeled vehicles in life cycle is presented in the order of discussion. The purpose of the Concept is to determine the principles of creating a regulatory framework, tools, and consistent and systematic measures to implement effective public policy in the field of regulation of essential environmental properties of wheeled vehicles in life cycle to ensure: reduction of emissions of toxic substances in road transport and improve quality of atmospheric air of cities; decrease in other manifestations of man-caused pressure of road transport on the environment and people; in general, improving the living conditions of people in cities; reduction of energy consumption by transport; reduction of greenhouse gas emissions from transport; overall reduction of the negative impact of the transport and road infrastructure and related industries on the environment. Suggestions for terminology and definitions in this area are provided. Finally, ways and means to solve the selected problems are described.

Keywords: wheeled vehicles, road transport, systems management, environmental properties, energy efficiency, environmental pollution, life cycle.

Вступ

Вирішення проблеми зменшення техногенно-го тиску дорожнього транспорту на довкілля, виконання міжнародних зобов'язань України у сфері зміни клімату, відповідних зобов'язань у межах Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, забезпечення вирішення завдань і досягнення встановлених цілей у цій сфері, як це визначено, зокрема, Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, і, тим більше, досягнення Україною амбітних цілей другого національно визначеного внеску за Паризькою кліматичною угодою, прийнятих у 2021 році, вимагають впровадження кардинально нових підходів та відповідного комплексу заходів.

У той час, коли зі збереженням поточних підходів до державного регулювання в цій сфері вочевидь перебуває під загрозою виконання вже прийнятих Україною зобов'язань, Європейський Союз представив у 2020 році, по суті, революційну Стратегію стійкої та розумної мобільності, в якій описані амбітні плани щодо транспорту на найближчі 30 років як частину більш масштабної ініціативи з метою знизити до 2050 року викиди парникових газів (ПГ) транспортом на 90% порівняно з показниками 1990 року. Україна прагне бути частиною євроінтеграційного процесу у всіх ключових аспектах.

Теоретико-методологічні основи системного управління ефективністю використання енергії та забрудненням довкілля дорожнім транспортом, окрім фрагменті опису концепції регулювання екологічних властивостей колісних транспортних засобів, впровадження національної системи маркування рівня екологічної небезпеки колісних транспортних засобів, стратегія підвищення ефективності використання енергії доро-

жнім транспортом та інші аспекти у цій сфері викладені авторами, зокрема, в [1-10].

Мета і строки реалізації Концепції

Метою Концепції є визначення засад створення нормативно-правової бази, інструментів та послідовних і системних заходів із реалізації ефективної державної політики у сфері маркування та регулювання істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів у життєвому циклі для забезпечення:

- зменшення викидів токсичних речовин дорожнім транспортом в експлуатації та покращення якості атмосферного повітря міст;
- зменшення інших проявів техногенного тиску дорожнього транспорту на довкілля та людину;
- в цілому покращення умов проживання людей у містах;
- зменшення споживання транспортом енергетичних ресурсів;
- зменшення викидів транспортом парникових газів;
- в цілому зменшення негативного впливу транспортно-дорожнього комплексу та пов'язаних галузей на навколошнє природне середовище.

Поетапна реалізація (впровадження) Концепції уявляється можливою на період до 2024 року.

Шляхи і способи розв'язання виокремлених проблем

Розв'язання визначених проблем передбачено здійснити шляхом створення і поступового впровадження правових, організаційних та фінансових механізмів для реалізації ефективної державної політики у сфері маркування та регулювання істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів – нових, і таких, що переважають в експлуатації.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р, передбачено, зокрема, такі економічні інструменти, що стосуються забезпечення сталого розвитку дорожнього транспорту:

- впровадження економічних та інших заходів стимулювання використання в містах більш екологічно чистих видів транспорту, зокрема електромобілів, міського електричного транспорту;
- впровадження механізму економічного стимулювання перевізників для зменшення викидів забруднювальних речовин та ПГ, зниження рівня шумів від транспортних засобів;
- впровадження механізму економічного стимулювання переходу вантажних і пасажирських перевезень на більш екологічно чисті залізничний та водний види транспорту;
- стимулювання використання альтернативних джерел енергії, а також екологічних видів транспорту та спецтехніки;
- здійснення комплексу регуляторних і фіскальних заходів, зокрема запровадження міжнародних екологічних норм для транспортних засобів, удосконалення механізму використання альтернативних моторних палив, впровадження економічних стимулів під час введення в експлуатацію транспортних засобів більш високого екологічного рівня;
- впровадження системи дорожніх зборів із користувачів автомобільних доріг залежно від екологічного класу автомобіля.

Одним із ключових елементів забезпечення реалізації наведених вище завдань є впровадження в Україні системи маркування колісних транспортних засобів за рівнем екологічної небезпеки та за рівнем енергоефективності, що визначено одним із пріоритетів Позиційного документу щодо участі України у Європейському зеленому курсі.

Маркування та регулювання істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів під час допуску до ринку та в процесі експлуатації, зокрема, із запровадженням екологічних зон із диференційованими умовами доступу до інфраструктури, стрімко поширюється на європейську континентальну територію. Країни-члени ЄС запроваджують різні, значною мірою несумісні між собою підходи до екомаркування автомобілів та впровадження екологічних зон у містах, засновуючись на принципових можливостях державного регулювання у цій сфері, специфічних умовах та численних національних особливостях.

Це вимагає розроблення та реалізації Україною власних уніфікованих підходів та інструментів у

цій сфері, враховуючи неоднорідний європейський досвід та засновуючись на можливостях національної економіки і специфічних місцевих умовах, що охоплюють серед інших такі аспекти:

- рівень забруднення атмосферного повітря міст, гостроту цієї проблеми з урахуванням інших факторів техногенного тиску й частку дорожнього транспорту від загальних викидів токсичних речовин та інших проявів шкідливого впливу в місцях зосередження населення;
- екологічну структуру парку транспортних засобів, що перебувають в активній експлуатації на певних територіях;
- кількість та щільність концентрації населення, що перебуває під впливом негативних факторів техногенного тиску;
- купівельної спроможності населення, умов і можливостей доступу транспортних підприємств та інших організацій до фінансових ресурсів у розрізі економічних можливостей оновлення парку транспортних засобів на екологічно менш небезпечні конструкції;
- стану дорожньої інфраструктури, особливостей забудови міст та принципових можливостей із запровадження регульованого доступу та оптимізації структури і розподілу транспортних потоків тощо;
- загально-економічні та соціальні аспекти тощо.

Термінологія та визначення в наведений сфері

У цій Концепції терміни вжиті в таких значеннях:

1) *поточний рівень екологічної небезпеки інградієнтного забруднення (скороcheno – РЕН) колісного транспортного засобу* – умовний усереднений рівень основного негативного впливу на навколошне природне середовище у процесі експлуатації колісного транспортного засобу, зумовлений викидами основних забруднювальних речовин в атмосферне повітря, зведених як агрегований показник до оксиду вуглецю з урахуванням їхньої відносної токсичності з огляду на вік транспортного засобу та відповідну деградацію його екологічних властивостей;

2) *показники ефективності використання енергії колісним транспортним засобом* – система показників, що в сукупності характеризують ефективність використання енергії колісними транспортними засобами в різних експлуатаційних умовах та є основою для порівняння транспортних засобів, відповідного інформування споживачів, обізнаного вибору транспортних засобів

і впровадження заходів стимулювання придбання та використання найбільш енергетично ефективних конструкцій транспортних засобів відповідно до переважних умов їхньої експлуатації;

3) *викиди діоксиду вуглецю колісним транспортним засобом* – усереднені викиди в типових умовах експлуатації, що характеризують конструкцію транспортного засобу загалом або його теплового двигуна;

4) *екологічне маркування* (скорочено – *екомаркування*) колісних транспортних засобів – система заходів із використанням спеціальних етикеток та інших засобів маркування, електронних чипів, електронних баз даних та інших засобів визначення, створення, зберігання, передачі, відображення та використання інформації щодо істотних екологічних властивостей колісного транспортного засобу як основи для врегульовання його доступу на ринок та до інфраструктури, визначення ставок оподаткування, вартості користування дорожньою інфраструктурою, зокрема в екологічних зонах;

5) до істотних екологічних властивостей колісного транспортного засобу в експлуатації належать:

- поточний рівень екологічної небезпеки інградієнтного забруднення;
- вид моторного палива або іншого джерела енергії;
- тип енергетичної установки;
- показники ефективності використання енергії;
- усереднені питомі викиди діоксиду вуглецю;
- рівень акустичного шуму (звукового тиску) під час руху транспортного засобу;
- фактори інтенсивності зношування дорожнього покриття та формування продуктів зношування пневматичних шин і дорожнього покриття, що враховують повну конструктивну масу транспортного засобу, максимальне навантаження на одну вісь, колісну формулу з урахуванням поворотних коліс, та інші істотні параметри конструкції (зокрема, має бути враховано та врегульовано використання шин із шипами);

6) *екологічно сприятливий колісний транспортний засіб* – транспортний засіб, рівень екологічної небезпеки інградієнтного забруднення якого в експлуатації відповідає визначеним мінімальним технічно досяжним та економічно прийнятним значенням порівняно з іншими транспортними засобами, представленими на ринку, відповідно до поточного рівня розвитку науки, технологій і техніки, або відповідає максимально жорстким (високим), чинним на момент оцінки, міжнародним стандартам (технічним регламентам) щодо ефективності використання енергії або питомих викидів діоксиду вуглецю, з урахуванням виду енергоносія (палива), що ним використовується;

ним стандартам (технічним регламентам) на викиди токсичних забруднювальних речовин, з урахуванням виду енергоносія (палива), що ним використовується;

7) *енергоефективний колісний транспортний засіб* – транспортний засіб, показники ефективності використання енергії якого в експлуатації відповідають у сукупності визначеним технічно досяжним та економічно прийнятним значенням порівняно з іншими транспортними засобами, представленими на ринку, відповідно до поточного рівня розвитку науки, технологій і техніки, або який відповідає максимально жорстким, чинним на момент оцінки, міжнародним стандартам (технічним регламентам) щодо ефективності використання енергії або питомих викидів діоксиду вуглецю, з урахуванням виду енергоносія (палива), що ним використовується;

8) *екологічні зони* – зони регульованого користування дорожньою та іншою інфраструктурою, позначення яких та інші засоби контролю доступу та оплати за користування є узгодженими з системою екомаркування колісних транспортних засобів і диференційованими відповідно до їхніх істотних екологічних властивостей;

9) *принцип "забруднювач платить"* – принцип, відповідно до якого витрати суспільства, пов'язані із заходами щодо запобігання, контролю та скорочення забруднення, відшкодовує забруднювач;

10) до істотних екологічних властивостей колісного транспортного засобу на етапах його виробництва та утилізації належать дані щодо:

- загальних витрат енергії та обсягів викидів парникових газів, обсягів викидів токсичних речовин, утворюваних у процесі виробництва та подальшої утилізації транспортного засобу, його змінних частин та експлуатаційних матеріалів;

- наявності доступних технологій та ступеня рециклування матеріалів конструкцій;

- небезпечності відходів, утворюваних під час утилізації транспортного засобу та наявності доступних технологій безпечноного поводження та утилізації таких відходів.

11) *єдина національна база даних життєвого циклу колісних транспортних засобів* – база даних, що містить визначену законодавством інформацію стосовно життєвого циклу колісних транспортних засобів, зареєстрованих в Україні, або таких, що перебувають в експлуатації на території України, зокрема, в частині наявних даних щодо їхнього виробництва, істотних особливостей конструкції, оцінки відповідності, першого доступу до експлуатації, періоду експлуатації

та істотних подій, з цим пов'язаних, періодичної перевірки придатності до експлуатації, істотних екологічних властивостей, змін у конструкції (переобладнання), технічного обслуговування і ремонту, відновлення, заміни елементів конструкції, що підлягають періодичній заміні, подальшої утилізації, виведення з обігу та повторного використання матеріалів конструкції та складових транспортного засобу.

Сфера дії Концепції в частині охоплення видів транспортних засобів

Дія цієї Концепції поширюється на маркування істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів за кодами товарних позицій 8701 20, 8702, 8703, 8704, 8705, 8711 згідно з УКТ ЗЕД та державне регулювання у цій сфері.

Державне регулювання у сфері істотних екологічних властивостей та екологічно сприятливого використання колісних транспортних засобів

1. Державне регулювання у сфері істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів здійснюється з метою захисту життя, здоров'я та інтересів громадян України і держави впровадженням стимулювальних та інших заходів щодо придбання та використання екологічно сприятливих та енергоекспективних транспортних засобів, зменшення забруднення атмосферного повітря та загалом шкідливого впливу транспорту на навколошне природне середовище і людину, зменшення питомого споживання паливно-енергетичних ресурсів транспортом та його негативного впливу на зміну клімату.

2. Держава здійснює регулювання істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів під час їхнього введення в обіг та загалом парку колісних транспортних засобів, що перебувають в експлуатації на території України, а також екологічно сприятливого використання колісних транспортних засобів шляхом:

1) встановлення обов'язкових до виконання та прогресивних екологічних вимог (норм), зокрема визначених міжнародними технічними регламентами, до колісних транспортних засобів, що вперше потрапляють на ринок України з метою вільного обігу, як це визначено Законом України "Про деякі питання ввезення на митну територію України та проведення першої державної реєстрації транспортних засобів", "Порядком затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання", затвердженим наказом Мінінфраструктури від 17.08.2012 № 521 (зі змінами);

2) визначення та маркування поточного рівня екологічної небезпеки, показників ефективності використання енергії, питомих викидів діоксиду вуглецю, інших істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів;

3) доведення до споживачів рівня екологічної небезпеки, показників ефективності використання енергії, питомих викидів діоксиду вуглецю, інших істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів, що пропонують на ринку України, для прийняття ними обізнаного та обґрутованого вибору на користь екологічно сприятливих та енергоекспективних конструкцій колісних транспортних засобів, з урахуванням прийнятих та перспективних фіiscalьних та інших заходів зі стимулювання, зокрема переваг у використанні такими транспортними засобами об'єктів інфраструктури, а також переваг щодо умов доступу до екологічних зон, місць для паркування та інших об'єктів;

4) встановлення прогресивної системи оподаткування придбання колісних транспортних засобів, що стимулюватиме прискорене та економічно доцільне оновлення парку на екологічно сприятливі та енергоекспективні конструкції колісних транспортних засобів, ґрунтуючись на їхніх істотних екологічних властивостях;

5) впровадження принципу "забруднювати платити" шляхом, зокрема, впровадження екологічних зон регульованого доступу та оплати за користування дорожньою та іншою інфраструктурою, диференційованих залежно від істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів;

6) цільового використання фінансових ресурсів, зібраних через оплату доступу до екологічних зон та користування платною дорожньою та іншою інфраструктурою, оплати штрафів за порушення встановлених вимог до екомаркування, оплати та умов доступу до екологічних зон та іншої платної інфраструктури, виключно на фінансування заходів щодо запобігання, контролю та скорочення забруднення довкілля колісними транспортними засобами, зменшення споживання транспортом паливно-енергетичних ресурсів, зокрема розвиток екологічно сприятливого, безпечного, зручного та комфортного громадського транспорту як привабливої для громадян альтернативи використання приватного транспорту, розвиток і підтримання в задовільному стані дорожньої інфраструктури та інших заходів, спрямованих на стабільний розвиток дорожнього транспорту;

7) використання рівня екологічної небезпеки та інших визначених істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів як переваг під час проведення конкурсів на постачання транспортних засобів та конкурсів на виконання перевезень, залежно від умов здійснення перевезень та відповідної значимості окремих екологічних властивостей транспортних засобів;

8) впровадження заходів із підтримання закладених виробником екологічних властивостей транспортного засобу протягом усього терміну його експлуатації;

9) впровадження прогресивних відповідно до розвитку техніки, технологій і заходів:

а) періодичного контролю придатності колісних транспортних засобів до експлуатації з визначенням працездатності основних елементів конструкції, що відповідають за рівень викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря та рівень акустичного шуму (звукового тиску);

б) вибіркового придорожнього інструментального контролю рівня викидів забруднювальних речовин та рівня акустичного шуму;

10) стимулювання економного та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів колісними транспортними засобами, що перебувають в експлуатації суб'єктами господарювання, організаціями та установами.

11) встановлення відповідальності за порушення визначених правил екомаркування колісних транспортних засобів, їхнього допуску до об'єктів інфраструктури й оплати за використання об'єктами інфраструктури та використання транспортних засобів, які є невідповідними встановленим вимогам щодо придатності до експлуатації;

12) встановлення прогресивної системи оподаткування паливно-енергетичних ресурсів, які використовують колісні транспортні засоби, що стимулюватиме зменшення забруднення атмосферного повітря шляхом свідомого вибору споживачів на користь транспортних засобів, що використовують екологічно більш сприятливі види енергоносіїв з урахуванням наявних технологій їхнього застосування на борту транспортного засобу, а також сприятиме оптимізації (збалансування) структури споживання різних видів енергоносіїв загалом парком колісних транспортних засобів, що експлуатують в Україні.

Екомаркування колісних транспортних засобів

З 1 січня 2023 року продаж та першу реєстрацію в Україні транспортних засобів за кодами товарних позицій 8701 20, 8702, 8703, 8704, 8705, 8711 згідно з УКТ ЗЕД, як вироблених в Укра-

їні, так і ввезених на митну територію України, нових і таких, що були в користуванні, здійснюють за умови визначення та маркування істотних екологічних властивостей колісного транспортного засобу у процесі його корисного використання (експлуатації):

• поточного рівня екологічної небезпеки інградієнтного забруднення;

• виду моторного палива або іншого джерела енергії;

• типу енергетичної установки;

• показників ефективності використання енергії;

• усереднених питомих викидів діоксиду вуглецю;

• рівня акустичного шуму (звукового тиску) під час руху транспортного засобу;

• факторів інтенсивності зношування дорожнього покриття та формування продуктів зношування пневматичних шин і дорожнього покриття, а також, з 1 січня 2024 року, визначення методом декларування та маркування істотних екологічних властивостей колісного транспортного засобу на етапах його виробництва та утилізації, що надають споживачеві в місцях продажу транспортних засобів, із зазначенням на основі підходів визначених міжнародними стандартами серії ISO 14000, принаймні таких даних:

• загальні витрати енергії та обсяги викидів парникових газів, обсяги викидів основних видів токсичних речовин, утворюваних у процесі виробництва та подальшої утилізації транспортного засобу, його змінних частин та експлуатаційних матеріалів;

• наявність доступних технологій та ступінь рециклювання матеріалів конструкції;

• небезпечність відходів, утворюваних під час утилізації транспортного засобу і наявність доступних технологій безпечного поводження та утилізації таких відходів.

Екологічне маркування колісних транспортних засобів у місцях їхнього продажу та реклами має містити також іншу всебічну інформацію для споживача для обізнаного вибору в частині принаймні:

• усереднених витрат на експлуатацію транспортного засобу протягом визначеного періоду і пробігу та сукупної зведеної усередненої вартості володіння транспортним засобом з урахуванням прогнозованої вартості енергетичних ресурсів та інших експлуатаційних матеріалів;

• потенційних, визначених законодавчо чи наявних обмежень або преференцій щодо прав та умов

доступу до транспортної інфраструктури, зокрема доступу до екологічних зон, що можуть встановлюватися місцевими адміністраціями за визначенним порядком та уніфікованими правилами;

- впливу транспортного засобу на зміну клімату шляхом оцінки середніх сумарних викидів панникових газів протягом усіх етапів його життєвого циклу.

Маркування колісних транспортних засобів, що перебувають в експлуатації, здійснюють, зокрема, під час періодичної перевірки придатності до експлуатації або проходження технічного обслуговування, здійснення ремонту колісного транспортного засобу в обов'язковому порядку за такими істотними екологічними властивостями:

- поточного рівня екологічної небезпеки інгрідентного забруднення;
- виду моторного палива або іншого джерела енергії;
- типу енергетичної установки;
- рівня акустичного шуму (звукового тиску) під час руху транспортного засобу;
- факторів інтенсивності зношування дорожнього покриття та формування продуктів зношування пневматичних шин і дорожнього покриття.

Маркування показників ефективності використання енергії та усереднених питомих викидів діоксиду вуглецю колісних транспортних засобів, що перебувають в експлуатації, здійснюють на добровільних засадах, зокрема за наявності відповідних даних у єдиній національній базі даних життєвого циклу колісних транспортних засобів.

Маркування поточного рівня екологічної небезпеки транзитних або тимчасово ввезених колісних транспортних засобів з іноземною реєстрацією здійснюють в обов'язковому порядку за спрощеним та прискореним порядком із використанням даних за замовуванням. У разі необхідності їхні власники за наявності відповідної доказової бази можуть у добровільному порядку отримати точні дані щодо істотних екологічних властивостей та відповідного маркування таких транспортних засобів для одержання законодавчо визначених преференцій щодо доступу та вартості користування транспортною інфраструктурою, якщо вони відповідають встановленим вимогам.

Форми екомаркування, показники та методи визначення істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів

Форми екомаркування, показники та методи визначення істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів встановлюють у

порядку, визначеному центральним органом виконавчої влади у сфері транспорту, дорожнього господарства та інфраструктури.

Диференціація та позначення екологічних зон

Диференціацію та позначення екологічних зон здійснюють за уніфікованою системою, узгодженою з єдиною в країні системою маркування істотних екологічних властивостей колісних транспортних засобів [2-4, 6].

Передбачають 5 рівнів екологічних зон залежно від рівня вимог до інградієнтного забруднення, що встановлюють місцеві органи виконавчої влади у визначених межах.

Перша зона з позначенням білого кольору відповідає колісним транспортним засобам найнижчих рівнів екологічної небезпеки, що охоплює електромобілі та перспективні транспортні засоби з тепловими двигунами, які матимуть співставний рівень зведеніх викидів з урахуванням викидів продуктів зношування пневматичних шин і гальм тощо.

Друга зона з позначенням блакитного кольору відповідає сучасним, технічно справним колісним транспортним засобам із тепловими двигунами, що відповідають найжорсткішим екологічним стандартам.

Третя, четверта, та п'ята екологічні зони з позначеннями відповідно зеленого, жовтого та червоного кольорів відповідають транспортним засобам із послідовно все більш високими рівнями екологічної небезпеки.

Це дозволяє місцевим органам виконавчої влади гнучко встановлювати рівні вимог щодо доступу та обмеження на різних територіях з урахуванням різних факторів, зокрема економічних та соціальних аспектів.

У межах населеного пункту можуть бути одночасно встановлені екологічні зони з різними вимогами. Наприклад, у центральних районах міста, в пішохідних та туристичних зонах або в окремих зонах з особливо складною ситуацією із забрудненням можуть бути встановлені більш жорсткі вимоги з урахуванням суспільного консенсусу. Також диференційовано можуть бути встановлені вимоги щодо максимально допустимих рівнів акустичного шуму транспортних засобів.

Позначення типу енергетичної установки та виду моторного палива або іншого джерела енергії, що використовує транспортний засіб, дає змогу встановлювати додаткові вимоги та обмеження. Наприклад, у перспективі – прямі обмеження щодо автомобілів із дизелями в місцях з

особливо несприятливою екологічною ситуацією або право доступу виключно електромобілів до особливих, визначених місцевими громадами зон.

Позначення екологічних зон та умов доступу до них запроваджують внесенням до Правил дорожнього руху додаткових дорожніх знаків, що застосовують окрім та в поєднанні з іншими знаками:

- інформаційно-вказівними знаками 5.63.1, 5.31, 5.33, 5.38, 5.39;
- заборонними знаками 3.1 – 3.7;
- наказовими знаками 4.1 – 4.6

Умови доступу до екологічних зон

Умови доступу до екологічних зон, їхні межі та конкретні вимоги визначають безпосередньо місцеві органи виконавчої влади за єдиними правилами, визначеними Кабінетом Міністрів України.

Умови можуть передбачати:

- справляння плати за користування дорожньою інфраструктурою диференційовано від істотних екологічних властивостей транспортного засобу;
- запровадження заборони до експлуатації у визначених зонах транспортних засобів, що перевищують установлені максимально допустимі рівні екологічної небезпеки інгредієнтного забруднення, зокрема з урахуванням виду моторного палива та типу енергетичної установки;
- запровадження заборони до експлуатації у визначених зонах транспортних засобів, що створюють рівень акустичного шуму понад встановлені обмеження;
- запровадження заборони до експлуатації у визначених зонах та у визначені погодні умови транспортних засобів із надмірним рівнем інтенсивності зношування дорожнього покриття (зокрема транспортних засобів, обладнаних шинами із шипами).

Мають бути запроваджені єдині в країні ставки оплати і штрафів за порушення встановлених правил екомаркування транспортних засобів та умов їхнього доступу до дорожньої інфраструктури, залежно від істотних екологічних властивостей транспортного засобу, щільноті концентрації населення в місці його експлуатації та інших значимих факторів.

Умови доступу до екологічних зон можуть уstanовлюватися в часі як:

- постійні;
- з чітко визначеною періодичністю, як часові залежно від часу доби, тижня, пори року з певними винятками;

• адаптивні на основі прогнозів щодо погіршення стану атмосферного повітря, з урахуванням метеорологічних умов як запобіжні заходи.

У різних місцях та екологічних зонах, залежно від поточного рівня інгредієнтного та параметричного забруднення, стану дорожньої мережі, щільноті забудови, концентрації населення та інших факторів умови доступу та оплати за користування транспортною інфраструктурою можуть ґрунтуватися на різних наборах екологічних властивостей транспортного засобу з визначенням пріоритетів відповідно до необхідності вирішення найбільш актуальних локальних проблем. Наприклад, у місцях щільної житлової забудови акцент може бути зроблений на жорстких вимогах насамперед до рівня екологічної небезпеки інгредієнтного забруднення та акустичного шуму транспортних засобів. Оплата за користування критичною транспортною інфраструктурою, що розміщена на значних відстанях від населених пунктів, може ґрунтуватися передусім на факторах інтенсивності зношування автомобілем дорожнього покриття, які, відповідно, матимуть пріоритет.

Уніфіковані винятки зі встановлених правил доступу до екологічних зон

Екомаркування також має містити систему уніфікованих позначень призначення колісних транспортних засобів, що встановлюватиме єдині в країні винятки для, зокрема, автомобілів швидкої медичної допомоги, автомобілів поліції та техніки інших служб оперативного реагування, а також дозволятиме місцевим органам виконавчої влади встановлювати на місцях конкретні правила та винятки з них з урахуванням соціальних аспектів та на основі суспільного консенсусу.

Впровадження принципу "забруднювач платить"

Впровадження принципу "забруднювач платить" щодо державного регулювання у визначеній цією Концепцією сфері здійснюють з утворенням у сфері управління Міністерства інфраструктури цільового фонду сталого розвитку дорожнього транспорту в порядку, встановленому окремим законом.

Цільовий фонд сталого розвитку дорожнього транспорту

Цільовий фонд сталого розвитку дорожнього транспорту має бути одним із джерел фінансування впровадження єдиного для країни екомаркування колісних транспортних засобів та екологічних зон місцевими органами виконавчої

влади, проектів сталого розвитку транспорту, інфраструктурних проектів, проектів з інституціонального забезпечення діяльності галузі транспорту, проектів загальнодержавного значення, що за визначенням не можуть бути реалізовані приватним сектором, але мають стратегічне значення для держави.

Прогресивна система оподаткування придбання та використання колісних транспортних засобів

Нова прогресивна система оподаткування придбання колісних транспортних засобів має передбачати диференціацію податків залежно від визначених істотних екологічних властивостей транспортних засобів та стимулювати придбання екологічно сприятливої та енергоефективної техніки.

Основна частина фіiscalного навантаження повинна бути перенесена з моменту придбання та реєстрації транспортного засобу на період його експлуатації на основі принципу "забруднювач платить" і пропорційно шкоді, що транспортний засіб завдає людині та навколишньому природному середовищу, залежно від переважних місць його використання, а також пропорційно інтенсивності зношування та руйнування ним автомобільних доріг.

Завдяки зменшенню податкового навантаження під час купівлі та реєстрації транспортного засобу мають бути забезпечені умови, що сприятимуть переважному придбанню населенням, суб'єктами господарювання та організаціями нових екологічно сприятливих, енергоефективних транспортних засобів, які також здебільшого відповідатимуть більш сучасним та жорстким стандартам щодо загальної конструктивної, активної та пасивної безпечності конструкції. Тобто зменшення податкового навантаження під час придбання та реєстрації транспортного засобу має вивільнити наявні фінансові ресурси для збільшення первинних інвестицій у придбання більш дорогих, менш небезпечних та більш енергоефективних транспортних засобів. Водночас прогресивна шкала оподаткування придбання транспортних засобів має зробити економічно непривабливими транспортні засоби, що відповідають застарілим стандартам.

До того ж на ринку транспортних засобів, що були в користуванні та які вперше реєструють в Україні, повинні бути створені умови, що нададуть переваги транспортним засобам із відносно невеликим попереднім періодом експлуатації (та, відповідно, загальним пробігом), і зроблять

економічно недоцільним придбання застарілих та деградованих транспортних засобів.

Перерозподіл податкового навантаження з моменту придбання і першої реєстрації на період експлуатації транспортних засобів має бути побудований у новій прогресивній системі таким чином, щоб гарантувати стабільне отримання визначеного рівня фінансових надходжень до державного бюджету, що досягається значним збільшенням кількості суб'єктів та, відповідно, бази оподаткування.

Економне та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів колісними транспортними засобами в експлуатації

Суб'єкти господарювання, організації та установи незалежно від відомчої належності та форми власності здійснюють економне та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів колісними транспортними засобами та іншою технікою в порядку, визначеному центральним органом виконавчої влади у сфері транспорту, дорожнього господарства та інфраструктури. Методологічною основою забезпечення економного та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів колісними транспортними засобами в експлуатації має бути, зокрема, подальший розвиток нормативного документу "Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті".

Єдина національна база даних життєвого циклу колісних транспортних засобів

Утворення та забезпечення функціонування єдиної національної бази даних життєвого циклу колісних транспортних засобів здійснює центральний орган виконавчої влади у сфері транспорту, дорожнього господарства та інфраструктури у взаємодії з центральним органом виконавчої влади у сфері внутрішніх справ, із за участю інших причетних центральних органів виконавчої влади в порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

Висновки

Очікується, що розроблення та впровадження оновленої державної політики у сфері регулювання екологічних властивостей колісних транспортних засобів, крім виконання країною наведених міжнародних зобов'язань, має позитивно вплинути на ключові інтереси громадян України, оскільки зменшить рівень інградієнтного та параметричного забруднення, зменшить пов'язані з цим макроекономічні збитки суспільства, негативні гуманітарні й соціальні наслідки, та загалом покращить якість життя в містах.

Література

1. Клименко О. А. (2020). Щодо теоретико-методологічних основ системного управління ефективністю використання енергії та забрудненням довкілля дорожнім транспортом // Автошляховик України, № 4 (2–9).
DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-2-9.
2. O. Klymenko, V. Gorytski, U. Gutarevych, A. Shchelkunov, R. Kyrychenko. (2020). Requirements for a unified system of road vehicles environmental labelling and low emission zones // Eastern-European journal of enterprise technologies, Issue 6/10 (108), pp. 53–64. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217543.
3. О. Клименко, В. Горицький, Ю. Гутаревич, А. Щелкунов, Р. Кириченко. (2021). Пропозиції щодо концепції реалізації державної політики у сфері маркування та регулювання екологічних властивостей дорожніх транспортних засобів // Інформаційно-аналітичний вісник автомобільної галузі України "Перевізник", № 4, с. 21–25.
4. Klymenko O. (2020). The concept of unified system of road vehicles environmental labelling // Автомобільний транспорт, Вип. 47, с. 69–83. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2020.47.0.69.
5. Klymenko O. (2020). The concept for an implementation of state policy in the field of labeling and regulation of essential environmental properties of wheeled vehicles // Technology audit and production reserves. No. 5/2(55), p. 33–37. DOI: 10.15587/2706-5448.2020.214187.
6. Клименко О. А., Соцький В. С., Щелкунов А. В., Кириченко Р. М., Агеєв В. Б., Устименко В. С., Гутаревич Ю. Ф. (2020). Щодо впровадження національної системи маркування рівня екологічної небезпеки дорожніх транспортних засобів // Науково-виробничий журнал "Автошляховик України", № 1 (261), с. 2–11. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-1-13.
7. O. Klymenko. (2020). Results of research of the reduced emissions of pollutants by road vehicles of various environmental classes "Euro" as the basis of environmental hazard labeling // Eastern-European journal of enterprise technologies, Issue 1/10(103) 2020, pages 42–52.
DOI: 10.15587/1729-4061.2020.196985.
8. Редзюк А. М., Клименко О. А. (2018). Щодо стратегії підвищення ефективності використання енергії дорожнім транспортом // Науково-виробничий журнал "Автошляховик України", № 4 (256), с. 2–11.
DOI: 10.33868/0365-8392-2018-4-256-2-11.
9. Redziuk, A., Klymenko, O., Ageiev, V., & Novikova, A. (2017). The concept and the development plan of national transport model of Ukraine // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 2 (1), 16–28. DOI:10.14254/jsdtl.2017.2-1.2.
10. Alexey Klimenko. (2020). Aggregated toxicity of road vehicles as basis for future regulation in the field of atmospheric air protection // Springer Nature: Applied Sciences (2020) 2:2050.
DOI: 10.1007/s42452-020-03874-w.

References

1. Klymenko O. A. (2020). Shchodo teoretyko-metodolohichnykh osnov systemnoho upravlinnia efektyvnistiu vykorystannia enerhii ta zabrudnenniam dovkillia dorozhnim transportom // Avtoshliakhovyk Ukrayny, No. 4 (2–9).
DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-2-9.
2. O. Klymenko, V. Gorytskyi, U. Gutarevych, A. Shchelkunov, R. Kyrychenko. (2020). Requirements for a unified system of road vehicles environmental labelling and low emission zones // Eastern-European journal of enterprise technologies, Issue 6/10 (108), pp. 53–64. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217543.
3. O. Klymenko, V. Gorytskyi, Yu. Hutarevych, A. Shchelkunov, R. Kyrychenko. (2021). Propozitsii shehodo kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi markuvannia ta rehuluvannia ekolohiphichnykh vlastivostei dorozhnikh transportnykh zasobiv // Informatsiino-analitychnyi visnyk avtomobilnoi haluzi Ukrayny "Pereviznyk", No. 4, 21–25.
4. Klymenko O. (2020). The concept of unified system of road vehicles environmental labelling // Avtomobilnyi transport, issue 47, 69–83. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2020.47.0.69.
5. Klymenko O. (2020). The concept for an implementation of state policy in the field of labeling and regulation of essential environmental properties of wheeled vehicles // Technology audit and production reserves. No. 5/2(55), p. 33–37.
DOI: 10.15587/2706-5448.2020.214187.
6. Klymenko O. A., Sotskyi V. S., Shchelkunov A. V., Kyrychenko R. M., Ageiev V. B., Ustymenko V. S., Gutarevych Yu. F. (2020). Shchodo vprovadzhennia natsionalnoi sistemy markuvannia rivnia ekolohiphichnoi nebezpeky dorozhnikh transportnykh zasobiv // Naukovo-vyrobnychi zhurnal "Avtoshliakhovyk Ukrayny", No. 1 (261), c. 2–11. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-1-13.
7. O. Klymenko. (2020). Results of research of the reduced emissions of pollutants by road vehicles of various environmental classes "Euro" as the basis of environmental hazard labeling // Eastern-European journal of enterprise technologies, Issue 1/10(103) 2020, pages 42–52.
DOI: 10.15587/1729-4061.2020.196985.
8. Redziuk A. M., Klymenko O. A. (2018). Shchodo stratehii pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia enerhii dorozhnim transportom // Naukovo-vyrobnychi zhurnal "Avtoshliakhovyk Ukrayny", No. 4 (256), c. 2–11.
DOI: 10.33868/0365-8392-2018-4-256-2-11.
9. Redziuk, A., Klymenko, O., Ageiev, V., & Novikova, A. (2017). The concept and the development plan of national transport model of Ukraine // Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 2 (1), 16–28. DOI:10.14254/jsdtl.2017.2-1.2.
10. Alexey Klimenko. (2020). Aggregated toxicity of road vehicles as basis for future regulation in the field of atmospheric air protection // Springer Nature: Applied Sciences (2020) 2:2050.
DOI: 10.1007/s42452-020-03874-w.

© А. В. Горпинюк, канд. техн. наук, начальник ЦНД БТ;
e-mail: agorpinuk@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-6899-9469;
© Ф. М. Брегіда, канд. техн. наук, завідувач відділу,
e-mail: fbregida@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-9611-6205;
© А. І. Данько, заступник завідувача відділу,
e-mail: adanko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-6442-8012;
© В. В. Мержинський, старший наук. співробітник,
e-mail: vmerzhievskiy@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4247-0687;
© Ю. О. Пономар'ова, перекладач I категорії,
e-mail: ybosenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-9846-4134
(ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут")

© А. В. Горпинюк, канд. техн. наук, начальник ЦНД БТ;
e-mail: agorpinuk@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-6899-9469;
© Ф. М. Брегіда, канд. техн. наук, завідувач відділу,
e-mail: fbregida@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-9611-6205;
© А. І. Данько, заміситель заведуючого відділу,
e-mail: adanko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-6442-8012;
© В. В. Мержинський, старший наук. сотрудник,
e-mail: vmerzhievskiy@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4247-0687;
© Ю. А. Пономарєва, перекладач I категорії,
e-mail: ybosenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-9846-4134
(ГП "Государственный автотранспортный научно-исследовательский и проектный институт")

© Andriy Gorpynyuk, Candidate of Technical Science (PhD), Head of the Center for Research on Transport Safety, e-mail: agorpinuk@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-6899-9469;
© Fedir Bregida, Candidate of Technical Science (PhD), Head of Department, e-mail: fbregida@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-9611-6205;
© Andriy Dan'ko, Deputy Head of Department, e-mail: adanko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-6442-8012;
© Valentyn Merzhyevs'kyy, Senior Research Officer, e-mail: vmerzhievskiy@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4247-0687;
© Yuliya Ponomaryova, 1st category translator, e-mail: ybosenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0001-9846-4134
(State Enterprise "State Road Transport Research Institute")

ЄВРОПЕЙСЬКА СИСТЕМА ДОТРИМАННЯ ВИМОГ БЕЗПЕЧНОСТІ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

ЕВРОПЕЙСКАЯ СИСТЕМА СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

EUROPEAN SYSTEM OF WHEELED VEHICLE COMPLIANCE WITH THE SAFETY REQUIREMENTS FOR THEIR LIFE CYCLE

Анотація. Проведено аналіз впливу базових документів *acquis EC* на життєвий цикл колісних транспортних засобів, огляд відповідних документів України. Виконані дослідження показали, які основні документи мають бути розроблені і впроваджені у визначеній сфері задля адаптації законодавства України до законодавства *EC* та держав-членів *EC*. Надані рекомендації стосовно основних документів, які необхідно розробити.

Ключові слова: безпечність конструкції, безпечність технічного стану, допуск до експлуатації, допуск до ринку, життєвий цикл, законодавство, колісні транспортні засоби, придатність до експлуатації, сфера ремонту, технічне обслуговування, утилізація.

Аннотация. Проведен анализ влияния базовых документов *acquis EC* на жизненный цикл колесных транспортных средств, обзор соответствующих документов Украины. Проведенные исследования показали, какие основные документы должны быть разработаны и внедрены в определенной сфере для адаптации законодательства Украины к законодательству ЕС и государств-членов ЕС. Даны рекомендации в отношении основных документов, которые необходимо разработать.

Ключевые слова: безопасность конструкции, безопасность технического состояния, допуск к эксплуатации, допуск к рынку, жизненный цикл, законодательство, колесные транспортные средства, пригодность к эксплуатации, сфера ремонта, техническое обслуживание, утилизация.

Abstract. The impact of the basic EU documents and global agreements concerning the wheeled vehicles' life cycle is analyzed, as well as the relevant acts of Ukrainian legislation are reviewed. The performed researches show that: 1) to regulate the wheeled vehicle life cycle at the state level, it is necessary to develop and approve a single Concept for technical and administrative requirements and processes regarding the life cycle of wheeled vehicles on the basis of the *acquis EU* and the legislation of Ukraine; 2) in order to ensure the wheeled vehicle life cycle, it is necessary to consistently determine the legal norms of the directly applicable laws, the competencies of the central executive bodies to develop the relevant regulations. Several recommendations are provided regarding the major documents that need to be developed in the legislation of Ukraine. Using these recommendations to develop the legislation of Ukraine would help to improve the environmental situation in terms of reducing harmful emissions from vehicles, reusing, recycling, or recovering the end-of-life motor vehicles and their components. Due to the direct links to *acquis EU*, in particular to a number of its translations into Ukrainian, accessible on the website of the SE SRTRI, the article could be used also as a background paper.

Keywords: vehicle design safety, technical condition safety, market access, vehicle life cycle, legislation, wheeled vehicles, roadworthiness, repair, maintenance, disposal.

Вступ

Відповідно до статті 1187 Цивільного кодексу України [1] колісний транспортний засіб визначено як об'єкт підвищеної небезпеки. Згідно з Женевською угодою 1958 року [2] виробник (нese відповідальність як розробник) КТЗ позбавлений повної свободи проєктування та виготовлення як транспортного засобу, так і окремих його компонентів, систем та складових частин, що є визначальними для урахування досвіду випробувань, успішного експлуатування й досягнення безпечності конструкції, узбереження дорожнього руху та довкілля. Європейський виробник має дотримуватися технічних норм, встановлених доданими до угоди [2] Правилами ООН, а також *acquis* ЄС та національного законодавства. Угода [2], базові регламенти ЄС [3, 4] встановлюють також умови допуску КТЗ до ринку та проведення ринкового нагляду, періодичної перевірки придатності до експлуатації [5, 6] затвердженої конструкції. Сфера технічного сервісу урегульована Регламентом Європейської Комісії [7] та додатковими настановами [8]. Передання на утилізування експлуатаційних матеріалів, складових частин або загалом КТЗ урегульовано низкою нормативно-правових актів, пов'язаних з Директивою про відходи [9].

Мета роботи: визначити проблеми життєвого циклу КТЗ, що потребують законодавчого урегулювання в Україні для узбереження автотранспорту, надати рекомендації стосовно розроблення і впровадження основних нормативно-правових актів, які необхідні для урегулювання життєвого циклу колісних транспортних засобів.

Застосовані скорочення: ВРН – вибірковий ринковий нагляд; ГТУ – Глобальна технічна угода; ДТП – дорожня транспортна пригода; ЕМ – експлуатаційні матеріали; ЖЦ – життєвий цикл; ІЗ – індивідуальне затвердження; ІЗВ – інформаційне забезпечення від виробника КТЗ; КТЗ – колісний транспортний засіб; ОППЕ – обов'язко-

ва перевірка придатності до експлуатації; ПТС – підприємство технічного сервісу; ПТК – пункт технічного контролю; Р – ремонт; ТО – технічне обслуговування; ЦОВВ -центральний орган виконавчої влади.

Основна частина

Якщо брати до уваги перспективу членства України в ЄС, ми маємо системно виконувати відповідне згармоніоване законодавство, що забезпечить досягнення вільного руху (мобільності) людей (відповідно КТЗ), товарів і послуг. Для цього власники (володільці) КТЗ мають підтримувати безпечності і незмінність затвердженої конструкції під час експлуатації та відповідність технічного стану КТЗ.

Європейську систему дотримання безпечності колісних транспортних засобів в період експлуатації розглянемо за схемою ЖЦ КТЗ, наведеною на **рис. 1**.

Відповідно до зазначених позицій основних процесів схеми ЖЦ:

1. Україна не приєдналася до Глобальної технічної угоди 1998 року [10], відповідно не застосовує низку доданих до неї глобальних технічних правил ООН (наразі в реєстрі ООН 21 правило / глобальний технічний регламент).

До угоди [10] приєдналось 38 членів, серед них один колективний – Європейський Союз. Таким чином ГТУ діє в 64 країнах світу. Ця угода знімає бар'єри у торгівлі, встановлює певні нові норми технічного регулювання безпечності КТЗ і на сьогодні діє одночасно з Женевською угодою 1958 року [2]. Але існують об'ективні передумови та очікування того, що ГТУ в перспективі повністю замістить Женевську угоду 1958 року з подальшою втратою її чинності. Тому було і залишається нагальним питання як найшвидшого приєднання України до ГТУ.

Додані до угоди [2] правила ООН, додані до ГТУ глобальні технічні правила ООН та досягнуті ЄС рівні технічного регулювання (нові ре-

дакції та прийняті поправки) не у повній мірі відображені в законодавстві України для обов'язкового чи добровільного застосування. Більш низький рівень технічного регулювання сприяє допуску до національного ринку КТЗ з інших країн поза конкуренцією з національним виробником та часто зі штучно спрощеною, проти досягнутої в більш розвинених країнах конструкцією, що створює проблеми з узбереженням технічного стану в сфері експлуатації;

2. Не всі конструкції, складові частини й системи КТЗ та їхні властивості охоплені вимогами щодо затвердження типу, індивідуального затвердження. Проте ця сфера систематично розширяється [11]. 163 чинних Правила ООН (станом на 10.12.2021 р.) потребують не тільки розвитку, але і систематизації та спрощеніх процедур їхнього застосування. Показовими є нові Правила ООН № 148 [12]. Як приклад наведемо цитату зі вступу до них: "Мета цих Правил полягає в тому, щоб уточнити, звести докупи та впорядкувати вимоги, що містять Правила ООН № 4, 6, 7, 23, 38, 50, 77, 87 та 91, з урахуванням їх складності, а також створити основу для майбутнього переходу до вимог, що ґрунтуються на експлуатаційних показниках, методом скорочення числа правил у рамках редакційного процесу без зміни будь-

яких докладних технічних вимог, які вже діють на момент набрання чинності цими Правилами". На наш погляд, угоду [2] слід ввести в законодавство України в редакції її Перегляду 3 (Режим доступу: <https://unece.org/trans/main/wp29/wp29regs>).

Зауважимо, що технічним регулюванням не охоплено низку конструкцій КТЗ, на які не поширює дію [2]: позашляхова мобільна техніка, зокрема певні машини комунального господарства, дорожньо-будівельні машини, КТЗ спеціального призначення, тихохідні КТЗ, інші. Проте такі машини створюють істотну небезпеку дорожньому руху, а частина з них потребує урегулювання поза угодою [2]. Для сфер ввезення, виготовлення КТЗ держава не створила достатньо пріоритетів стосовно декарбонізації, зменшення шкідливих викидів – немає державної концепції щодо таких питань технічного регулювання.

В Україні немає закону прямої дії щодо відповідних технічних норм і дат їхнього досягнення. Як наслідок, необґрунтоване любіювання певних бізнесових груп призводить не до покращення, а до погіршення екологічної ситуації в Україні і світі. Необхідність прийняття відповідних законів доведена досвідом держав Європи, США, Японії, Китаю та інших [13], інакше матимемо ускладнені

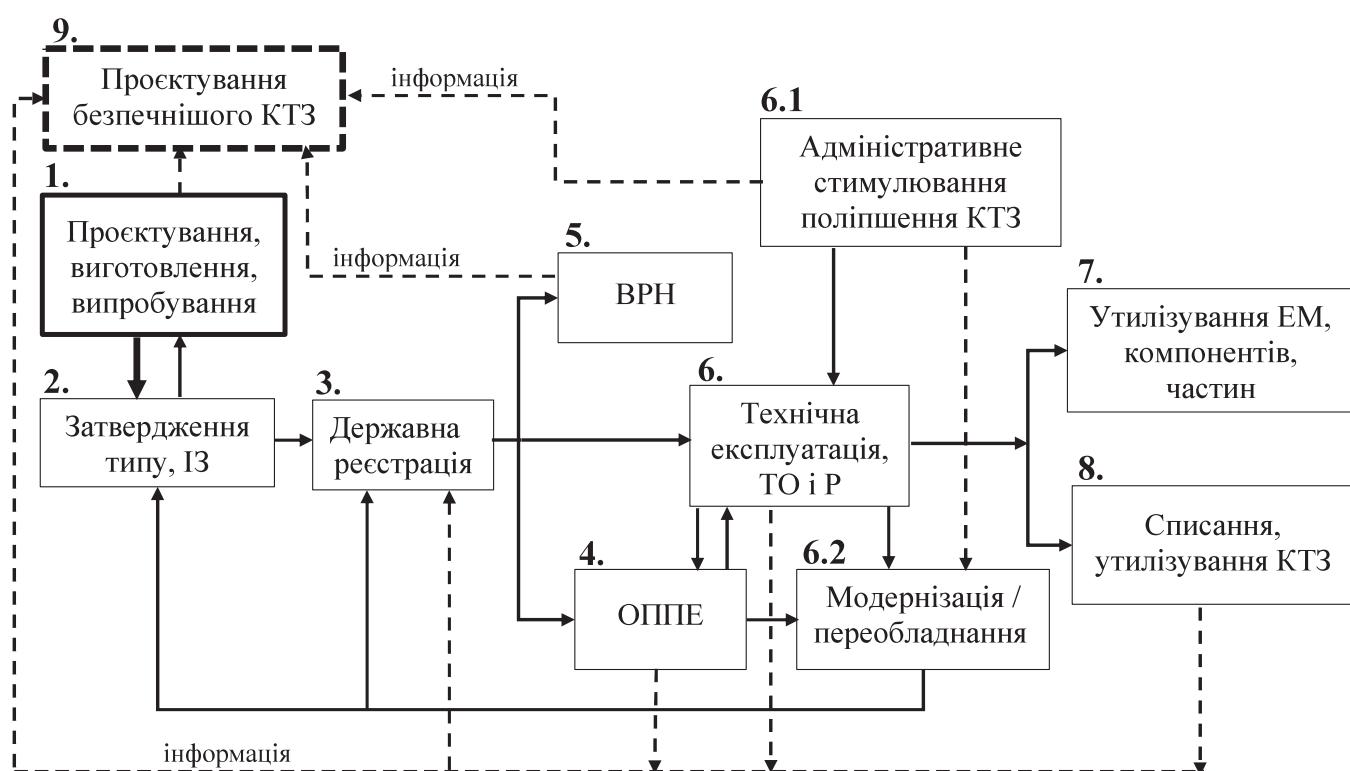


Рис. 1. Основні процеси уabezпечення життєвого циклу КТЗ

нення процесів утримання, експлуатації КТЗ протягом ЖЦ, виживання людства;

3. Державна реєстрація як допуск до експлуатації потребує створення доступних електронних європейських баз даних про КТЗ зі впровадженням [14] та розробленням схеми поступової перереєстрації КТЗ, що перебувають у сфері експлуатації, використовуючи цифрові технології. Це створить умови для проведення в перспективі оперативної та об'єктивної ОППЕ, вирішення питань адміністративного управління складом і характеристиками КТЗ, успішного застосування пов'язаних питань кримінальної сфери. Повне впровадження директиви [14] дасть можливість обміну інформацією з державами-членами ЄС. Проте, для досягнення зазначеного впровадження лише [14] недостатньо. Для цього має бути створена система органів, які будуть уповноважені оперативно урегульовувати безпеку дорожнього руху впродовж усього ЖЦ. Наразі регулярну, всім доступну статистичну інформацію стосовно ЖЦ КТЗ не створюють жодні органи. Ніхто не може без дослідження отримати на поточний момент відповідь на такі питання: скільки зареєстровано КТЗ, зокрема залежно від типу, категорії та інших особливостей конструкції, наприклад, призначених для перевезення пасажи-

рів з інвалідністю; скільки зареєстровано КТЗ певного екологічного рівня; наскільки інтенсивно використовують КТЗ; яка кількість КТЗ не пройшла ОППЕ, серед яких КТЗ після модернізації; які типові невідповідності КТЗ, визначені ОППЕ; які пункти технічного контролю перевіряють КТЗ об'єктивно / необ'єктивно; скільки КТЗ не утилізовано; та на низку інших питань, вкрай необхідних для ухвалення розумних управлінських дій на рівні держави та органів місцевого самоврядування, для розрахунку ризиків від використання КТЗ;

4. Оперативна об'єктивна періодична ОППЕ потребує легкодоступної для ПТК інформації від баз даних про технічні характеристики КТЗ. ПТК самі наповнюють бази даних інформацією, тому буде справедливо їм мати безоплатний допуск саме до такої інформації. Необхідно законодавчо врегулювати створення інституції, що могла б експертувати наповнення баз даних достовірною інформацією, коригувати її і водночас аналізувати об'єктивність проведеної ОППЕ.

Більш детально систему ОППЕ розглянемо на схемі рис. 2.

Наведені на рис. 2 елементи системи взаємодіють таким чином. КТЗ (поз. 1) затвердженого типу (конструкції), що перебуває у сфері експлу-

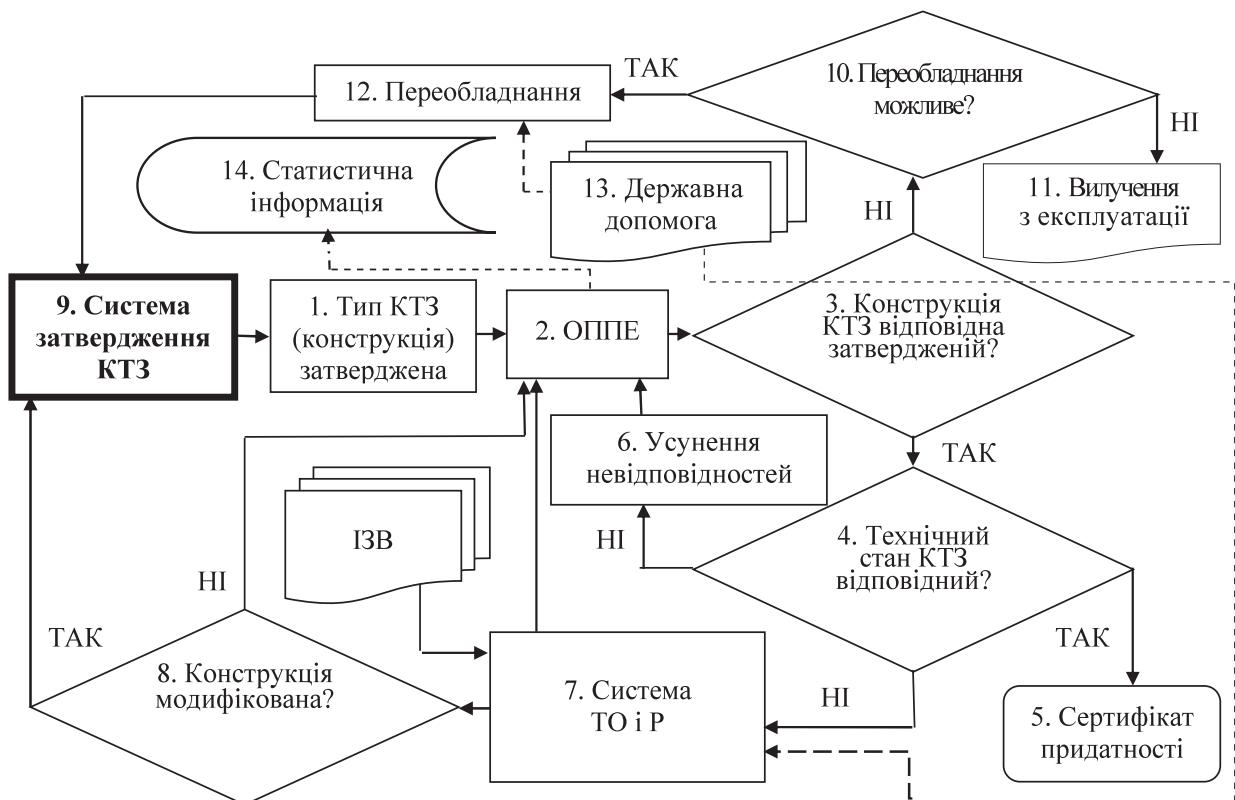


Рис. 2. Схема функціонування системи ОППЕ КТЗ

атації, подають на ОППЕ (поз. 2), де перевіряють стан конструкції (поз. 3) – тобто, чи вона не змінена проти затвердженого.

Якщо конструкцію не змінено, перевіряють технічний стан КТЗ (поз. 4) і видають сертифікат придатності, чим процес перевірки завершують (поз. 5). Якщо ж КТЗ бажають переобладнати, експерт оцінює можливість переобладнання й оформляє відповідний висновок (поз. 10), у разі необхідності відповідно до висновку експерта в конструкцію КТЗ вносять зміни (поз. 12). Для фінансової підтримки екологічного переобладнання з боку держави застосовують частини 2 та 3 статті 12 відповідно до [15] – планують витрати в державному бюджеті. Змінену конструкцію КТЗ затверджують в установленому порядку [11], після чого проводять процедури отримання сертифіката придатності (поз. 1 – 5).

Якщо КТЗ стає небезпечним для здоров'я, життя людей та довкілля, відповідно до законодавства його вилучають зі сфери експлуатації (поз. 11).

Коли технічний стан КТЗ потребує усунення невідповідностей (поз. 6), власник виконує це і подає КТЗ на повторну перевірку (поз. 2).

Якщо невідповідний технічний стан потребує виконання ремонтних робіт, КТЗ подають у сферу технічного обслуговування і ремонту (поз. 7) – до спеціально уповноважених (сертифікованих або ліцензованих) підприємств технічного сервісу. У цій сфері КТЗ ремонтують, керуючись інформаційним забезпеченням від виробника, зокрема розділом XIV та додатком X [4]: за потреби КТЗ модифікують, надаючи йому нових властивостей проти раніше затверджених. Модифікований КТЗ (поз. 8) підлягає підтвердженю відповідності (поз. 9).

Центральна асоціація німецької автомобільної промисловості оприлюднила низку даних для статистичної оцінки невідповідностей моторних КТЗ стосовно викидів з випускної труби автомобілів / мотоциклів [16]. За період обстеження з 1 січня 2019 року до 31 грудня 2019 року проаналізовано дані перевірки викидів із випускної труби, проведені уповноваженими організаціями (248 організацій) у 12,16 млн КТЗ ФРН, що підлягали обов'язковій перевірці викидів із випускної труби (AU). До уваги взято також результати 320 офіційно визнаних AU-майстерень. Невідповідності були виявлені у понад 770 тис. транспортних засобів (легкових, комерційних (вантажних) моторних КТЗ та мотоциклів), що відповідає 6,3 % середньої відносної кількості невідповідностей (дефектів). Загальна кількість зафікованих невідпо-

відностей становить понад 1,39 мільйона; в різних категоріях транспортних засобів невідповідності визначені в діапазоні від 2,5% до 12,2%. Зі статистично зафікованих невідповідних транспортних засобів майже 381 тисяча КТЗ була відремонтована у сфері технічного сервісу з фактичним зниженням їхніх викидів. Важливо, що моторні КТЗ, які не пройшли випробувань на викиди з випускної труби з первого разу, пройшли такі випробування після ремонту (380 807 – 3,4 %), а решту (389 205 – 3,2 %) більше не ремонтували, бо це було недоцільним з технічних та/або економічних причин для їхнього власника. Такі КТЗ не допущені до подальшої технічної експлуатації.

5. Паралельно з ОППЕ acquis ЄС [3, 4] передбачає системний вибірковий ринковий нагляд за технічними характеристиками КТЗ у сфері технічної експлуатації за визначеними процедурами. окремі складові частини або загалом КТЗ за результатами ВРН можуть бути відкликані з експлуатації для внесення змін виробником, уповноваженими ним підприємствами;

6. Питання технічної експлуатації, зокрема ТО і ремонту на поточний час в Україні недостатньо урегульовані, хоча саме у цій сфері покращують технічний стан КТЗ ремонтом та ТО, модернізацією, переобладнанням. Необхідно розробити і впровадити новий технічний регламент з технічного обслуговування і ремонту КТЗ, урегульовуючи питання уповноваження на діяльність ПТС, що поза сферою акредитації виробника, беручи до уваги відповідність їхньої матеріально-технічної бази, підготовленість персоналу та можливість управління безпосередніми виконавцями ТО і ремонту в єдиному технологічному процесі з наданням послуг з ремонту, модернізації, переобладнання та для надання гарантій безпечності відремонтованої або зміненої конструкції;

Для створення технічного регламенту доцільно взяти до уваги Регламент Європейської Комісії [7] та додаткові настанови Європейської Комісії щодо вертикальних обмежень в угодах продажу і ремонту автомобілів, а також розповсюдження запасних частин для автомобілів [8], в яких ураховано норми [7], рішення судів, звернення підприємців, експертіз та ін. Документ [8] спрямовано на конкретні дії бізнесу, тому він обов'язковий для застосування (фактично документ прецедентного права ЄС);

6.1. В Україні не збалансовано адміністративне управління заборонами у сфері експлуатації (наприклад, заборона пересування центром міста КТЗ, що створює порівняно високий рівень забруднення)

днення) з наданням власнику державної фінансової допомоги на модернізацію/переобладнання КТЗ. У випадку фінансової підтримки власників КТЗ в питаннях модернізації/переобладнання з боку держави доцільно брати до уваги [15];

6.2. Недостатньо вирізнеро питання модернізації/переобладнання КТЗ. Відповідно до [2] модернізація стосується переважно виробничої сфери КТЗ, коли впроваджують новий проект на базі раніше затвердженої конструкції. Відповідно до законодавства України переобладнання передбачає зміну конструкції КТЗ у сфері технічної експлуатації, зазвичай його виконання забезпечує власник на підставі експертного висновку незалежної організації, визначеного Кабінетом Міністрів України, або висновку виробника. Межі модернізації/переобладнання затвердженого типу і зміни конструкції в експлуатації мають бути більш конкретно визначені законодавством. Відповідність конструкції після модернізації/переобладнання має бути підтверджена сертифікатом третьої незалежної сторони;

7. Законодавчо не визначені раціональні механізми диференційованого утилізування та/або повторного використання складників КТЗ, що мають значно менший ресурс ніж КТЗ, а також низки експлуатаційних матеріалів I-IV класів небезпеки, які підлягають тимчасовому зберіганню для накопичення до транспортної норми.

Нагального впровадження потребують Правила ООН № 133 [17] стосовно утилізації найбільш масових КТЗ категорій M₁ та N₁. На базі цих правил має бути розроблене законодавство стосовно впровадження власне Правил ООН № 133, зокрема утилізації компонентів, систем, складових частин усіх КТЗ. Прикладом може слугувати Директива Ради ЄС щодо глибини протектора шин певних категорій автомобілів та їхніх причепів та Рішення Ради ЄС 2006/443 від 13 березня 2006 року стосовно Рішень 2001/507/ЄС та 2001/509/ЄС з метою надання Правилам ООН № 109 та № 108 про відновлені шини статусу обов'язкових [18, с. 77]. До прикладу, відновленням пневматичних шин для вантажівок категорій N₂, N₃ методом накладання нового протектора в європейських умовах експлуатації забезпечують трикратне використання каркаса шин, що забезпечує сумарний пробіг каркасів шин до 1,5 млн кілометрів;

8. Законодавством не визначені конкретизовані механізми утилізування КТЗ після вичерпання його ресурсу, після пошкодження в ДТП і аваріях, некомплектних і тому не списаних КТЗ, що "засмічують" реєстри транспортних засобів і

спотворюють фактичні статистичні дані стосовно транспортних засобів.

Правила ООН № 133 [17] і закон [19] спрямовані на утилізування КТЗ виробником (мережею авторизованих ним або державою ПТС) стосовно відносно нових транспортних засобів, на усунення недоліків конструкцій у найближчому майбутньому. Проте, закон [19] не встановив норму права прямої дії стосовно технології утилізування КТЗ, їхніх складників та ЕМ із застосуванням ІЗВ або не надав повноважень відповідним ЦОВВ на затвердження необхідних нормативно-правових актів як альтернативних.

Для удосконалення такого законодавства варто взяти до уваги основоположні документи ЄС [20, 21]. За даними Євростату (режим доступу: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=End-of-life_vehicle_statistics) у 2018 році в ЄС загалом утилізовано 6,1 млн тонн легкових автомобілів та легких вантажівок; 87% деталей та матеріалів були повторно перероблені та використані.

Закон [19] надав право власникам (як фізичним особам, так і юридичним особам, що утримують КТЗ як державну власність) утилізувати складові частини та експлуатаційні матеріали КТЗ, що вичерпали свій ресурс, але не зобов'язав це робити – відповідні умови законодавством не визначені. За умов, що склалися, власнику вигідніше продати КТЗ як металобрухт або "на запасні частини", а не передати їх на утилізування. Це підтверджує і відсутність відповідних досліджень, статистичні спостереження [19] також не передбачені.

Продати "на запасні частини" – це пряний негативний вплив на безпечність відремонтованих КТЗ, в яких такі "запасні частини" використані. Правилами експлуатації КТЗ [22] заборонено повторне використання низки складників транспортних засобів, що вичерпали свій ресурс. Ця норма має контролюватися відповідно до закону.

Ніхто не має права примусити особу-власника утилізувати КТЗ. Для такого у країнах-членах ЄС застосовують частини 2 та 3 статті 12 [15]: запропонують національне законодавство з питань адміністративного впливу на власника. За умови утилізування КТЗ його власнику надають фінансову допомогу в обсязі частини вартості придбання нового автомобіля, на новий КТЗ власник отримує також більші виплати, якщо настає страховий випадок.

Концепцію технічного та адміністративного урегулювання вимог і процесів стосовно життєвого циклу КТЗ доцільно розробляти з урахуванням функціональних моделей [23, 24].

Наведений короткий аналіз основних процесів узбереження життєвого циклу КТЗ, коментарі та рекомендації до окремих позицій (1-9) схеми ЖЦ (рис. 1) показують, що між ними є усталений правовий та функційний зв'язок, що дозволяє зробити узагальнені висновки.

Висновки

1. Для державного урегулювання життєвого циклу колісного транспортного засобу на базі *acquis* ЄС та законодавства України необхідно розробити та затвердити єдину Концепцію технічного та адміністративного врегулювання вимог і процесів стосовно життєвого циклу колісних транспортних засобів.

2. Для узбереження життєвого циклу колісних транспортних засобів слід послідовно визначити правові норми законів прямої дії, повноваження центральних органів виконавчої влади для розроблення відповідних нормативно-правових актів.

Література

1. Цивільний кодекс України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>.
2. Угода про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, і про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_343#Text.
3. Регламент (ЄС) № 168/2013 Європейського Парламенту та Ради від 15 січня 2013 року про затвердження типу та ринковий нагляд за дво- або триколісними транспортними засобами та квадроциклами. Режим доступу: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_168-2013_cons2021_uk.pdf.
4. Регламент (ЄС) 2018/858 від 30 травня 2018 року Європейського Парламенту та Ради ЄС про затвердження та нагляд за ринком колісних транспортних засобів та їх причепів, а також систем, складників і окремих компонентів, призначених для таких транспортних засобів, що доповнює Регламенти (ЄС) № 715/2009 та (ЄС) № 595/2009 та визнає Директиву 2007/46/ЄС такою, що втратила чинність (вигли). Режим доступу: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_2018-858_vytiagy_uk.pdf.
5. Директива Європейського Парламенту і Ради 2014/45/ЄС від 3 квітня 2014 року щодо періодичних перевірок придатності до експлуатації колісних транспортних засобів та їхніх причепів, визнання Директиви 2009/40/ЄС такою, що втратила чинність. Режим доступу: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/dir_2014_45_corr2019_ukr.pdf.
6. Імплементаційний регламент Комісії (ЄС) 2019/621 від 17 квітня 2019 року про технічну інформацію, необхідну для проведення технічної перевірки об'єктів, що підлягають перевірці, про використання рекомендованих методів випробування та встановлення детальних правил щодо формату даних та процедур доступу до відповідної технічної інформації. Режим доступу: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_2019-621_ukr.pdf.
7. Commission Regulation (EU) No 461/2010 of 27 May 2010 on the application of Article 101(3) of the Treaty on the Functioning of the European Union to categories of vertical agreements and concerted practices in the motor vehicle sector [Регламент Комісії

(ЄС) № 461/2010 від 27 травня 2010 року про застосування частини 3 статті 101 Договору про функціонування Європейського Союзу до категорій вертикальних угод та узгоджених практик в автомобільному секторі]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010R0461&qid=1635839245265>.

8. Commission notice 2010/C 138/05. Supplementary guidelines on vertical restraints in agreements for the sale and repair of motor vehicles and for the distribution of spare parts for motor vehicles [Повідомлення Комісії ЄС 2010/ C 138/05. Додаткові настанови щодо вертикальних обмежень в угодах продажу і ремонту автомобілів, а також розповсюдження запасних частин для автомобілів]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52010XC0528%2801%29>.

9. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives [Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 19 листопада 2008 року про відходи, що припиняє чинність деяких директив]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098&qid=1635232871607>.

10. Угода про введення глобальних технічних правил для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, що можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах. Режим доступу (rus): <https://unece.org/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob/globaut.pdf>.

11. Порядок затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання, затверджений наказом Міністерства інфраструктури України 17.08.2012 № 521, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14 вересня 2012 р. за № 1586/21898. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1586-12#Text>.

12. Правила № 148 ООН Єдині приписи щодо офіційного затвердження пристрій світлової сигналізації (вогнів) для механічних транспортних засобів та їх причепів. Режим доступу (rus): <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/R148r.pdf>.

13. Гейтс Білл. Як відвернути кліматичну катастрофу. Де ми зараз і що нам робити далі. – К.: Лабораторія, 2021. – 224 с.

14. Директива Ради 1999/37/ЄС від 29 квітня 1999 року про реєстраційні документи транспортних засобів. Режим доступу: https://insat.org.ua/files/nav/law/3/dir_1999_37_ukr.pdf.

15. Регламент (ЄС) № 715/2007 Європейського Парламенту та Ради від 20 червня 2007 року про затвердження типу автотранспортних засобів щодо викидів від легких пасажирських та комерційних транспортних засобів (Євро 5 та Євро 6) та про доступ до інформації про технічне обслуговування та ремонт. Режим доступу: (eng) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32007R0715>, (ukr) https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_715_2007_cons2019_uk.pdf.

16. AU – Mängelstatistik 2019. Abschlussbericht über die systematische Erfassung und Auswertung der Abgasrelevanten Fahrzeugmängel. Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe. Zentralverband (ZDK) Herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Kraftfahrzeuge Zerbes eV. (ZDK), Stand: Oktober 2020.

[Статистика невідповідностей викидів з випускної труби 2019. Підсумковий звіт стосовно систематичного обліку та оцінки невідповідностей транспортних засобів, пов'язаних з викидами з випускної труби. Опубліковано Центральною асоціацією німецьких автомобільної промисловості Zerbes, зареєстровано як (ZDK), станом на жовтень 2020 року]. Режим доступу (ger): https://www.kfz-innung-ostfriesland.de/wp-content/uploads/2018/02/RS159-60Anlage_AU-Maengelstatistik_2016.pdf, (ukr) https://insat.org.ua/files/nav/law/3/AU_Maengelstatistik-2019_ukr.pdf.

17. Правила ООН № 133. Єдині приписи щодо офіційного затвердження автотранспортних засобів стосовно можливості

- їх повторного використання, утилізації та відновлення. Режим доступу (rus): <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R133r.pdf>.
18. Редзюк А.М., Агеев В.Б., Мержисевський В.В., Гуля С.Л., Пономар'ова Ю.О., Мержисевська В.В., Грінь Л.А. Перевірка технічного стану колісних транспортних засобів. Норми міжнародних договорів України та права Європейського Союзу. /Державне підприємство "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут". – К.: ДП "ДержавтотрансНДІпроект", 2008. – 536 с.
 19. Закон України "Про утилізацію транспортних засобів". Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/421-18#Text>.
 20. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. [Директива 2000/53/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 18 вересня 2000 року про транспортні засоби, ресурс яких вичерпано]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0053-20200306&qid=1635862607573>.
 21. Commission Decision 2005/293/EC of 1 April 2005 laying down detailed rules on the monitoring of the reuse/recovery and reuse/recycling targets set out in Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on end-of-life vehicles [Рішення Комісії 2005/293/ЄС від 1 квітня 2005 року про встановлення детальних правил щодо моніторингу цільових показників повторного використання / відновлення та повторного використання / переробки, визначених у Директиві 2000/53/ЄС Європейського Парламенту та Ради про транспортні засоби про транспортні засоби, ресурс яких вичерпано]. Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1405347723548&uri=CELEX:32005D0293>
 22. Правила експлуатації колісних транспортних засобів, затверджені наказом Міністерства інфраструктури України 26.07.2013 № 550, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 22 серпня 2013 р. за № 1453/23985. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1453-13#n254>.
 23. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises / L. Tarandushka, V. Mateichyk, N. Kostian and others [Оцінювання якості технологічних процесів у системах автосервісу / Л. Тарапандушка, В. Матейчик, Н. Костян та ін.] // Eastern-European journal of enterprise technologies – 2020. – 2/3 (104), pp. 58–75. Scopus.
 24. Методи оцінювання якості технологічних процесів у системах автосервісу: Монографія / Л. А. Тарапандушка, В. П. Матейчик, І. В. Грицук, Н. Л. Костьян, О. Д. Марков, І. П. Тарапандушка – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 212 с. ISBN 978-966-289-555-1.

References

1. Tsyvil'nyy kodeks Ukrayiny [The Civil Code of Ukraine]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text>.
2. Agreement concerning the Adoption of Harmonized Technical United Nations Regulations for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these United Nations Regulations. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_168-2013_cons2021_uk.pdf.
3. Regulation (EU) No 168/2013 of the European Parliament and of the Council of 15 January 2013 on the approval and market surveillance of two- or three-wheel vehicles and quadricycles. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_168-2013_cons2021_uk.pdf.
4. Regulation (EU) 2018/858 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the approval and market surveillance of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles, amending Regulations (EC) No 715/2007 and (EC) No 595/2009 and repealing Directive 2007/46/EC. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_2018-858_vtiagi_uk.pdf.
5. Directive 2014/45/EU of the European Parliament and of the Council of 3 April 2014 on periodic roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers and repealing Directive 2009/40/EC. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/dir_2014_45_corr2019_ukr.pdf.
6. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/621 of 17 April 2019 on the technical information necessary for roadworthiness testing of the items to be tested, on the use of the recommended test methods, and establishing detailed rules concerning the data format and the procedures for accessing the relevant technical information. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_2019-621_ukr.pdf.
7. Commission Regulation (EU) No 461/2010 of 27 May 2010 on the application of Article 101(3) of the Treaty on the Functioning of the European Union to categories of vertical agreements and concerted practices in the motor vehicle sector. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010R0461&qid=1635755101753>.
8. Commission Notice 2010/C 138/05. Supplementary guidelines on vertical restraints in agreements for the sale and repair of motor vehicles and for the distribution of spare parts for motor vehicles. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52010XC0528%2801%29>.
9. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098&qid=1635232871607>.
10. Agreement Concerning the establishing of Global Technical Regulations for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles. Retrieved from <https://unece.org/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob/globaut.pdf>.
11. Procedure for the approval of design of vehicles, their parts and equipment, approved by the order of Ministry of Infrastructure of Ukraine from 17 August 2012 No 521, registered at Ministry of Justice of Ukraine 14 September 2012 at No 1586/21898. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1586-12#Text>.
12. UN Regulation No. 148 Uniform provisions concerning the approval of light-signalling devices (lamps) for power-driven vehicles and their trailers. Retrieved from <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/R148e.pdf>.
13. Bill Gates. How to Avoid a Climate Disaster. The Solutions We Have and the Breakthroughs We Need [translated into Ukrainian by Yuliya Kostyuk]. Kyiv, Laboratoriya, 2021. 224 p.
14. Council Directive 1999/37/EC of 29 April 1999 on the registration documents for vehicles. Retrieved from https://insat.org.ua/files/nav/law/3/dir_1999_37_ukr.pdf.
15. Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. Retrieved from (eng) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32007R0715>, (ukr) https://insat.org.ua/files/nav/law/3/reg_715_2007_cons2019_uk.pdf.
16. AU – Mängelstatistik 2019. Abschlussbericht über die systematische Erfassung und Auswertung der Abgasrelevanten Fahrzeugmängel. Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe. Zentralverband (ZDK) Herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Kraftfahrzeuge Zerbes eV. (ZDK), Stand: Oktober 2020.
17. Regulation No. 133. Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to their reusability, recyclability and recoverability. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R133r.pdf>.
18. Redzyuk, A.M., Aheyev, V.B., Merzhyyevs'kyy, V.V., Hulya, S.L., Ponomar'ova, Yu.O., Merzhyyevs'ka, V.V., Hryn', L.A. Perevirka tekhnichnoho stanu kolisnykh transportnykh zasobiv. Normy mizhnarodnykh dohovoriv Ukrayiny ta prava Yevropeys'koho Soyuzu [Inspection of the wheeled vehicles'

- technical condition. Norms of the international agreements and the law of the European Union]. Kyiv, DP "DerzhavtotransNDIproekt", 2008, 536 p.
19. Pro utylizatsiyu transportnykh zasobiv [On Disposal of Vehicles]: the Law of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/421-18#Text>.
 20. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0053-20200306&qid=1635862607573>.
 21. Commission Decision 2005/293/EC of 1 April 2005 laying down detailed rules on the monitoring of the reuse/recycling and reuse/recycling targets set out in Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council on end-of-life vehicles. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1405347723548&uri=CELEX:32005D0293>.
 22. Pravyla ekspluatatsiyi kolisnykh transportnykh zasobiv [Rules for the wheeled vehicles' operation], approved by the order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine of 17 July 2012 No 521, registered at the Ministry of Justice of Ukraine on 14 August 2012 with No 1586/21898. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1453-13#n254>.
 23. Assessing the quality level of technological processes at car service enterprises / L. Tarandushka, V. Mateychyk, N. Kost'yan and others. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2020, # 2/3 (104), pp. 58-75. Scopus.
 24. Tarandushka, L. A., Mateychyk, V. P., Hrytsuk, I. V., Kostyan, N. L., Markov, O. D., Tarandushka, I. P. Metody otsinyuvannya yakosti tekhnolohichnykh protsesiv u systemakh avtoservisu [Methods to assess the quality level of technological processes at automotive service enterprises]. Kherson, OLDI-PLUS, 2021, 212 p. ISBN 978-966-289-555-1.

УДК 656.13

© М. К. Велісевич, старший науковий співробітник відділу законодавчого забезпечення виконання міжнародних договорів у сфері транспорту, e-mail: nvelisevich@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4724-4478;
 © О. В. Пospishna, провідний інженер відділу пасажирських та вантажних перевезень, e-mail: opospishna@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-0549-1454 (ДП "ДержавтрансНДІпроект")

© Н. К. Велісевич, старший науковий сотрудник відділу законодавчого забезпечення виконання міжнародних договорів в сфері транспорта, e-mail: nvelisevich@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4724-4478;
 © О. В. Пospishna, ведучий інженер відділу пасажирських та грузових перевозок, e-mail: opospishna@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-0549-1454 (ГП "Госавтотранснійпроект")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-4-268-24-28

© Mykola Velisevich, Senior Researcher, Legislative Support for the Implementation of International Agreements in the Field of Transport Department, e-mail: nvelisevich@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4724-4478;
 © Olga Pospishna, Leading Engineer Passenger and Freight Transport Department, e-mail: opospishna@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-0549-1454 (SE "State Road Transport Research Institute")

АСПЕКТИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОСВІДУ ЄВРОСОЮЗУ

АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ В УКРАИНЕ КРИТЕРИЕВ
КАЧЕСТВА УСЛУГ ПАССАЖИРСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЫТА
ЕВРОСОЮЗА

ASPECTS OF INTRODUCTION IN UKRAINE OF QUALITY CRITERIA FOR PASSENGER ROAD TRANSPORT SERVICES USING THE EXPERIENCE OF THE EUROPEAN UNION

Анотація. У статті визначені основні концептуальні засади, напрями, механізми й етапи формування та запровадження обґрунтованих критеріїв якості послуг пасажирського автомобільного транспорту, що надають на автобусних маршрутах загального користування із застосуванням досвіду Євросоюзу. Для успішного впровадження системи критеріїв якості послуг у містах і регіонах надані рекомендації органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування щодо здійснення певної підготовчої роботи, спрямованої на створення законодавчого, економічного, фінансового, кадрового та організаційного-технічного забезпечення заходів, які потрібно реалізовувати у процесі запровадження.

Ключові слова: критерії якості послуг пасажирського транспорту, національні стандарти, система і методи оцінювання якості транспортних послуг та управління ними, опитування споживачів послуг, безготівкова система оплати проїзду, концепція запровадження критеріїв якості послуг, єдиний методично-координаційний центр процесу впровадження критеріїв якості послуг.

Аннотация. В статье определены основные концептуальные основы, направления, механизмы и этапы формирования и внедрения обоснованных критериев качества услуг пассажирского автомобильного транспорта, предоставляемых на автобусных маршрутах общего пользования с применением опыта Евросоюза. Для успешного внедрения системы критериев качества услуг в городах и регионах предоставлены рекомендации органам исполнительной власти и органам местного самоуправления по осуществлению определенной подготовительной работы, направленной на создание законодательного, экономического, финансового, кадрового и организационного обеспечения мероприятий, которые нужно будет реализовывать в процессе внедрения.

Ключевые слова: критерии качества услуг пассажирского транспорта, национальные стандарты, система и методы оценки качества транспортных услуг и управление ими, опрос ожиданий потребителей услуг, безналичная система оплаты проезда, концепция введения критериев качества услуг, единный методично-координационный центр процесса внедрения критериев качества услуг.

Abstract. The article defines the main conceptual principles, directions, mechanisms and stages of formation and implementation of reasonable criteria for the quality of passenger road transport services provided on public bus routes using the experience of the European Union. In order to successfully implement the system of service quality criteria in cities and regions, recommendations were provided to executive authorities and local governments on certain preparatory work aimed at creating legislative, economic, financial, personnel and organizational-technical support measures to be implemented.

Keywords: criteria of quality of passenger transport services, national standards, system and expectations of consumers of services, non-cash fare system, concept of introduction of criteria of quality of services, single methodical.

Вступ

Завдяки своїй доступності, мобільності автомобільний пасажирський транспорт має значний вплив на задоволення життєвих потреб населення України. Нині потреба українців у перевезеннях у кількісному вираженні задовільна, але якість послуг пасажирського автотранспорту не може задовольнити населення ні рівнем надійності, комфортності, безпечності, регулярності послуг, ні ефективністю функціонування мережі маршрутів.

Постановка проблеми

Низька якість послуг пасажирського транспорту є наслідком недостатнього рівня організації перевезень. До цього часу рівень ефективності управлінських рішень у цьому напрямку не забезпечує потрібної якості та безпечності послуг. Організатори перевезень, які повинні розвивати та забезпечувати якість послуг на відповідних територіях і маршрутах, станом на початок 2021 року не мають потрібних для керівництва нормативних документів, затверджених в установленому порядку: ні державних стандартів якості, ні обґрунтованих критеріїв якості чи індикаторів, яких вони повинні досягти. Для забезпечення системної роботи щодо досягнення очікуваної якості послуг пасажирського транспорту необхідно запровадити в Україні національні стандарти якості цих послуг з урахуванням найкращого до-

свіду Євросоюзу і відповідно до вимог стандартів визначити обґрунтовані критерії якості послуг за всіма напрямками та з урахуванням місцевих умов і особливостей.

Базові положення дослідження

Після ратифікації в Україні Європейської хартії місцевого самоврядування прийнято низку нормативно-правових актів, які створюють правові та фінансові основи діяльності органів місцевого самоврядування. Серед очікуваних від реалізації положень Європейської хартії місцевого самоврядування, передбачених розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 № 333-р, є запровадження стандартів (нормативів) якості публічних послуг, що надаються населенню органами місцевого самоврядування базового та регіонального рівня та критеріїв оцінювання якості. Застосування показників якості транспортних послуг передбачено Законом України "Про автомобільний транспорт", яким встановлено (стаття 31), що відносини автомобільного перевізника, який здійснює перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування, із органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування "...визначаються договором про організацію перевезень пасажирів на автобусному маршруті загального користування, у якому встановлюються: перелік маршрутів загального користування, які буде об-

слуговувати автомобільний перевізник, умови організації перевезень та показники якості транспортного обслуговування населення...".

Запровадження системи критеріїв оцінювання якості послуг пасажирських перевезень та стимулювання перевізників за їхнього досягнення передбачено і Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р.

Застосовані методи

Дослідження законодавства України та ЄС щодо вимог до організації та надання якісних послуг пасажирського транспорту, аналіз підходів до визначення основних критеріїв якості, методів їхнього оцінювання та застосування коригувальних заходів у досягненні встановлених цілей.

Мета роботи

Визначення концептуальних зasad, напрямів, механізмів та етапів формування й запровадження обґрунтованих критеріїв якості послуг пасажирського автомобільного транспорту на автобусних маршрутах загального користування із застосуванням досвіду Євросоюзу.

Основна частина

Запровадження зазначених критеріїв якості послуг необхідно здійснювати відповідно до вимог національних стандартів України, проекти яких розроблені ДП "ДержавтотрансНДІпроект" і під час написання статті проходять технічну експертизу в структурах національного органу стандартизації (ДСТУ EN 13816:20 (EN 13816:2002, IDT) та ДСТУ EN 15140:20 (EN 15140:2006, IDT). Ці проекти розроблені на базі стандартів Європейського Союзу: EN 13816:2002 "Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement" (Транспорт. Логістика і послуги. Громадський пасажирський транспорт. Визначення, цілі та кількісне оцінювання якості наданих послуг) та EN 15140:2006 "Public passenger transport – Basic requirements and recommendations for systems that measure delivered service quality" (Громадський пасажирський транспорт. Основні вимоги і рекомендації щодо систем кількісного оцінювання якості наданих послуг).

Організація надання послуг пасажирського транспорту у країнах ЄС відповідно до вимог зазначених стандартів привела до позитивних результатів щодо підвищення ефективності і якості послуг та усунула багато проблемних питань, які

були основними причинами, що гальмували розвиток багатьох напрямків сучасних транспортних технологій та методів оцінювання якості послуг.

У проекті національних стандартів використані методи європейських стандартів якості. Для оцінки рівня якості застосовані засоби порівняння фактично досягнутого показника з нормативним. На підставі оцінки якості за кожним окремим показником установлена інтегральна оцінка якості.

Оцінку якості використовують для управління якістю транспортного обслуговування пасажирів. Під управлінням якістю транспортного обслуговування пасажирів розуміють цілеспрямовану діяльність організаторів перевезень і перевізників, результатом якої є перехід від рівня якості досягнутого до нормативного з метою максимального наближення до потреб пасажира.

Загальна якість громадського пасажирського транспорту містить велику кількість критеріїв. Останні визначають відповідність рівня послуг запитам споживачів наданої послуги. У європейському стандарті EN 13816:20 вони розділені на 8 категорій.

1. Наяvnість послуг: обсяг послуг, пропонований з урахуванням географічних умов, часу, періодичності руху транспортних засобів і характеристик транспортної системи.

2. Доступність послуг: доступність системи послуг громадського пасажирського транспорту для споживачів і зв'язок системи послуг з іншими транспортними системами.

3. Наяvnість інформації: систематичне надання споживачам інформації про систему послуг громадського пасажирського транспорту для можливості використання такої інформації у плануванні та здійсненні поїздок.

4. Час: часові параметри послуг, які необхідно знати для планування та здійснення поїздок.

5. Забезпечення зручності для споживачів: наявність елементів послуг, призначених для узгодження, наскільки практично можливо, стандартних вимог до послуг із вимогами окремих споживачів.

6. Комфортність наявність елементів послуг, призначених для забезпечення зручності для споживачів у поїздках громадським пасажирським транспортом.

7. Безпека: цей критерій характеризує ступінь безпеки і захищеності споживачів від небезпечних ситуацій та аварій унаслідок вжиття ефективних заходів захисту і внаслідок дій, спрямованих на те, щоб споживачі знали про такі заходи.

8. Вплив на навколошнє середовище: цей критерій характеризує вплив послуг громадського пасажирського транспорту на навколошнє середовище.

Більшу частину з наведених категорій якості 1-8 використовують для оцінювання послуг, надаваних пасажирам перевізником. Категорії якості 1, 2 і частково 4, 8 характеризують рівень розвитку маршрутної мережі і досягнення організатора перевезень, який забезпечив потрібний рівень зазначених критеріїв якості та оптимальні показники маршрутної мережі. Рівень розвитку маршрутної мережі потенційно визначає загальні витрати часу пасажира на поїздку в межах маршрутної мережі міста.

Оцінювання якості наданих послуг є частиною циклу якості обслуговування, де вибір критеріїв якості та відповідних заходів може одночасно відображати та визначати певні аспекти якості. Для оцінювання якості виконання послуг для кожного критерію слід використовувати відповідні методи. Вимоги та рекомендації, зазначені в цій роботі, можуть бути застосовані як для оцінювання постачальником послуг, так і стороною особою, уповноваженою компетентним органом. До основних методів вимірювання рівня якості послуг та рівня задоволення потреб споживачів, установлених шляхом опитування у громадському пасажирському транспорті, належать:

ОЗС – опитування задоволеності споживачів – важливо, щоб опитування і звітування про нього проводили регулярно та своєчасно;

ОНЕ – опитування незалежними експертами – опитування пасажирів повинні здійснювати незалежні експерти на основі найважливіших аспектів їхньої поїздки;

ЗПО – заходи прямого отримання інформації про послуги, що надаються – здійснюються шляхом організації на постійній основі контрольних оперативних записів певних параметрів послуги або за допомогою вибіркових спостережень, узятих на репрезентативній основі; для збору даних мають бути встановлені системи вимірювань.

Цей перелік не є вичерпними, і користувачі стандартів повинні визначати відповідні заходи та цілі якості обслуговування, враховуючи їхні власні обставини. Ситуація може значно відрізнятися, наприклад, між рівнем послуг у містах та послуг у сільській місцевості. Однак єдиним вихідним пунктом має бути здійснення за результатами опитувань та обстежень корегування заходів для досягнення критеріїв якості, максимально відповідним очікуванням споживачів.

Одним із найскладніших завдань у виконанні цієї роботи буде визначення конкретних критеріїв якості та порогів їхньої відповідності чи невідповідності, виражених у цифровому або органолептичному значенні. Складність полягає в тому, що в державних стандартах більшість критеріїв якості наведена в загальному вигляді без конкретного вимірювання чи оціненого значення, особливо це проявляється в оцінюванні оптимізації мережі транспортних маршрутів загалом, де потрібно на основі отриманих даних здійснити розрахунок потрібного показника. Проблемою визначення таких показників займалися багато окремих дослідників чи інститутів, але це стосувалось певних міст або регіонів з урахуванням їхніх особливостей, а тому результати таких досліджень не завжди можна узагальнити чи поширити на інших.

Враховуючи, що реалізація такого проекту буде здійснюватися протягом значного часу і потребує заалучення всіх учасників ринку пасажирських перевезень та застосування певних механізмів і взаємин, зокрема економічних, для успішного впровадження критеріїв якості послуг органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування необхідно здійснити певну підготовчу роботу, спрямовану на створення законодавчого, економічного, фінансового, кадрового та організаційно-технічного забезпечення заходів, які потрібно реалізовувати у процесі запровадження.

У містах і регіонах доцільно розробити концепцію запровадження системи критеріїв якості послуг пасажирського транспорту, якою передбачити етапи впровадження, затвердження необхідних для функціонування системи місцевих нормативних актів, створення груп експертів та проведення їхнього навчання.

На рівні центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері транспорту, доцільно створити єдиний центр координації та методичного забезпечення функціонування зазначеної системи з наданням цьому центру функцій:

– розроблення програм навчання та проведення навчання і підвищення кваліфікації експертів центрів координації та фахівців органів виконавчої влади, які здійснюють організацію надання послуг пасажирського автотранспорту;

– надання консультивативних послуг місцевим органам виконавчої влади та перевізникам;

– розроблення за зверненням перевізників і місцевих органів виконавчої влади конкретних критеріїв якості послуг та систем їхнього оцінювання з урахуванням місцевих особливостей та вимог стандартів;

– здійснення моніторингу процесу впровадження систем критеріїв якості транспортних послуг та висвітлення результатів моніторингу на сайті методичного центру.

Очікувані результати

Запровадження в Україні критеріїв якості послуг пасажирського автомобільного транспорту відповідно до вимог національних стандартів Україні з використанням досвіду Євросоюзу сприятиме процесу стрімкого і постійного вдосконалення якості послуг пасажирського транспорту та задоволенню потреб і очікувань споживачів послуг. Організатори перевезень і перевізники зможуть об'єктивно оцінювати досягнуті рівні якості послуг та порівнювати їх із досягненнями альтернативних постачальників.

Реалізація такого проекту покращить систему надання послуг пасажирського автомобільного транспорту та підвищить їхню якість за рахунок:

– визначення першочергових цільових критеріїв якості шляхом системного постійного опитування споживачів послуг – пасажирів щодо очікуваного ними рівня якості послуг;

– встановлення для всіх учасників транспортного процесу передбачених стандартами критеріїв якості послуг;

– внесення організатором перевезень у договір із перевізником встановлених стандартом критеріїв якості послуг як обов'язкових для виконання;

– формування оптимальної структури парку автобусів;

– оптимізації системи міських і приміських автобусних маршрутів у комплексі із тролейбусними та трамвайними маршрутами, що обумовить забезпечення для пасажирів максимальної

зручності та мінімізації затрат часу як на очікування автобусів, так і на поїздки до пунктів призначення;

– встановлення обґрунтованих тарифів на проїзд пасажирів;

– реалізації можливості користування маршрутним автобусним транспортом пасажирами у візках та іншими пасажирами з обмеженою мобільністю;

– досягнення реального балансу інтересів усіх учасників процесу перевезення пасажирів.

Література

1. Про автомобільний транспорт [Електронний ресурс]: Закон України від 05.04.2001 № 2344-ІІІ. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>.
2. Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту [Електронний ресурс]: Постанова КМУ від 18 лютого 1997 р. № 176. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-97-%D0%BF#Text>.
3. Про затвердження Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування [Електронний ресурс]: постанова КМУ від 03 грудня 2008 року. – № 1081 Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1081-2008-%D0%BF#Text>.
4. EN 13816:2002 Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement.
5. EN 15140:2006 Public passenger transport – Basic requirements and recommendations for systems that measure delivered service quality.
6. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 року № 430.

References

1. About Road Transport [Pro automobilnyi transport. The Law of Ukraine, 5 April, 2001, № 2344-III], – Retrieved form: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>. [In Ukraine].
2. About the Statement Rules of Rendering of Services of Passenger road transport [Pro zatverzhennya pravyl nadannya poslug pasazhyrskogo automobilnogo transportu, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, 18 February, 1997, № 176], – Retrieved form: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-97-%D0%BF#Text>. [In Ukraine].
3. About the Statement the Order of carrying out competition on transportation of passengers on a public bus route [Pro zatverdzhennya poryadku provedennya konkursu z perevethennya pasazhyryv na autobusnomu marshrutu zagalnogo korystuvannya, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine,3 December, 2008], – Retrieved form: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1081-2008-%D0%BF#Text>. [In Ukraine].
4. EN 13816:2002 Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement.
5. EN 13816:2006 Public passenger transport – Basic requirements and recommendations for systems that measure delivered service quality.
6. National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of May 30, 2018 № 430.

© Р. С. Лисак, канд. техн. наук, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: lysakroksolana@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2776-5623;

© І. В. Самойленко, асистент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1413-1338;

© І. В. Сингаївська, студентка спеціальності 101 "Екологія", e-mail: syngayivskayairina@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7665-9555
(Національний транспортний університет)

© Р. С. Лисак, канд. техн. наук, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: lysakroksolana@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2776-5623;

© И. В. Самойленко, ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1413-1338;

© И. В. Сингаевская, студентка специальности 101 "Экология", e-mail: syngayivskayairina@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7665-9555
(Национальный транспортный университет)

© Roksolana Lysak, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor at the Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: lysakroksolana@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2776-5623;

© Ivan Samoilenco, Assistant Lecturer at the Department of Ecology and Safety of Vital Functions, e-mail: samoilenko.iv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1413-1338;

© Iryna Synhaiwska, student of specialty 101 "Ecology", e-mail: syngayivskayairina@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7665-9555
(National Transport University)

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА МЕТОДАМИ ДИЗАЙН-МИСЛЕННЯ

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МЕТОДАМИ ДИЗАЙН-МЫШЛЕНИЯ

IMPROVING THE SAFETY OF TRANSPORT ENTERPRISES BY DESIGN-THINKING METHODS

Анотація. Стаття присвячена безпеці транспортних підприємств. Розглянуті питання екологічної безпеки. Проведено SWOT-аналіз та PEST-аналіз для визначення передумов впровадження проектів безпеки. Розглянуто метод формування ментального простору на основі дизайн-мислення. Визначено особливості проектів для підвищення рівня екологічної безпеки завдяки формуванню ментального простору.

Ключові слова: безпека транспортних підприємств, ментальний простір, культура безпеки, компетентність, проактивне управління системою безпеки підприємства.

Аннотация. Статья посвящена безопасности транспортных предприятий. Рассмотрены вопросы экологической безопасности. Проведен SWOT-анализ и PEST-анализ для определения предпосылок для внедрения проектов безопасности. Рассмотрен метод формирования ментального пространства на основе дизайн-мышления. Определены особенности проектов по повышению уровня экологической безопасности за счет формирования ментального пространства.

Ключевые слова: безопасность транспортных предприятий, ментальное пространство, культура безопасности, компетентность, проактивное управление системой безопасности предприятия.

Abstract. The article is devoted to the safety of transport companies. The issues of environmental safety are considered. SWOT analysis and PEST analysis have been made to determine the prerequisites for the implementation of security projects. The method of the creation a mental space based on design thinking is considered. The features of projects to improving the ecological safety of transport enterprises through the creation of the mental space have been determined.

Keywords: safety of transport enterprises, mental space, safety culture, competence, proactive management of the enterprise safety system.

Вступ

Сталому розвитку національної транспортної політики сприяло прийняття у 2018 році Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [1], спрямованої на створення інтегрованого до світової транспортної мережі безпечної та ефективного транспортного комплексу України, покращення умов ведення бізнесу для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності національної економіки, а також визначення пріоритетним задоволення потреб населення в перевезеннях.

Транспортна система тісно переплітається з усіма галузями економіки і потребує відповідного рівня безпеки. Це також пов'язано зі стратегічним значенням певних її об'єктів, які є елементами критичної інфраструктури. Тому для загальної безпеки держави необхідно приділяти увагу ідентифікації та попередженню небезпек транспортної діяльності [2], зокрема актуальних екологічних небезpieczeń.

У сучасній науковій літературі розглянуто чимало питань, пов'язаних із впливом транспортних процесів на стан навколошнього середовища. Особливої уваги в питаннях забезпечення екологічної безпеки серед наземних видів транспорту потребує автомобільний – один із найбільших забруднювачів довкілля. Також через популяризацію повітряного транспорту та підвищення рівня попиту на його послуги щороку збільшується негативний вплив авіації на довкілля [3].

Питання впливу автомобільного транспорту на навколошнє середовище, життя і здоров'я населення розглянуті в роботах багатьох учених, серед яких: Ю. Ф. Гутаревич, В. Д. Зеркалов, А. Г. Говорун, Ю. А. Петренко, Т. Г. Шилова, А. І. Кириченко, Г. М. Желновач, В. П. Матейчик, М. П. Цюман, С. В. Коломієць, О. К. Грищук, О. П. Кобзиста, І. С. Федій, І. А. Рутковська.

Застосування різних методів до вирішення задач і проблем безпеки транспорту приводить до різних результатів. Створення ментального простору, сприятливого для реалізації проектів безпеки, дозволить швидко досягти бажаного результату та підвищити рівень безпеки у транспортній галузі.

Дослідженням питань ментального простору проектів та програм присвятили свої роботи чимало науковців, зокрема: С. Д. Бушуев, В. Д. Гонунський, К. В. Кошкін, О. В. Веренич, Д. А. Бушуев, Р. Ф. Ярошенко, Н. М. Горідько, Т. В. Ємельянова, Ю. Г. Ященко [4] та інші. Особливо в роботі [5] детально характеризуються всі складові ментального простору.

Основна частина

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки транспортних підприємств завдяки формуванню ментального простору для проектів безпеки транспортного підприємства.

Гіпотеза дослідження полягає у припущені, що суттєвий вплив на підвищення рівня екологічної безпеки транспортного підприємства має ментальний простір підприємства.

Під ментальним простором для реалізації проектів безпеки транспортного підприємства розуміють простір знань і дій, сформований сучасним станом безпеки у транспортній галузі, що є об'єднанням підсистем ментальних просторів самого проекту, керівника проекту і команди проекту (який визначається загальною політикою управління безпекою підприємства і формується ментальним простором транспортного підприємства), зацікавлених сторін (який формується загальним ставленням до забезпечення безпеки транспортної галузі) та рухомого контенту/навколишнього середовища (який визначається загальною культурою безпеки транспортної діяльності в певному регіоні), що дозволяє розробляти та впроваджувати проект безпеки.

Враховуючи швидкі темпи змін у всіх сферах життя і діяльності людей, поряд із методами, базованими на аналітичних підходах, набувають популярності методи, в основу яких покладено творчий процес. Одним із таких сучасних підходів є метод "дизайн-мислення", який сьогодні застосовується для рішення інженерних, ділових та інших задач і може бути використаний для формування ментального простору проектів, спрямованих на підвищення рівня безпеки. Дизайн-мислення не створює готового продукту або сервісу – дає змогу генерувати рішення, знаходити способи реалізації потреб. Як результат застосування творчого підходу виникають неочікувані ідеї, серед яких і знаходять найкращі рішення. Останні, реалізовані в продуктах або послугах, створюють для споживача нову цінність, за яку він буде готовий платити (або із задоволенням використовувати).

Для визначення передумов упровадження проектів безпеки на транспортному підприємстві проведено SWOT та PEST-аналіз. Результати PEST-аналізу показали необхідність впливу на поглиблення розуміння населенням, представниками влади і транспортних підприємств важливості вирішення проблем безпеки транспортної діяльності. За результатами SWOT-аналізу позитивний вплив для впровадження програми має

усвідомлення необхідності вирішення проблеми наявного низького рівня безпеки. Відсутність стратегії безпеки та відповідальності кожного працівника і керівників структурних підрозділів є найбільш слабкою ланкою транспортного підприємства. Постійне вдосконалення та пошук шляхів вирішення проблеми підвищення безпеки праці є найбільш сприятливими можливостями. Суттєву загрозу створює низький рівень зацікавлення в населення та представників влади у вирішенні наявних проблем безпеки. Одержані результати дозволяють впроваджувати програми безпеки на транспортному підприємстві, але потребують постійного формування відповідного ментального середовища.

Метод формування ментального простору для проектів безпеки транспортного підприємства передбачає оцінювання стану культури безпеки підприємства та формування культури безпеки проекту. Під культурою безпеки будемо розуміти такий набір характеристик, правил та особливостей діяльності підприємства і поведінки окремих працівників, який встановлює найвищим пріоритетом завдання забезпечення безпеки транспортної діяльності [5].

Перша стадія методу передбачає оцінювання наявних стану та рівня культури безпеки підприємства. Друга стадія – формування культури безпеки проекту, в основі якого лежить Стенфордська модель дизайн-мислення, що дозволяє забезпечувати формування необхідного ментального простору через залучення всіх зацікавлених сторін на всіх етапах життєвого циклу проекту.

Стенфордська модель дизайн-мислення охоплює п'ять етапів, які дозволяють поступово знайти рішення для досягнення поставленої мети:

- емпатія;
- фокусування;
- генерування ідей;
- прототипування;
- тестування.

Послідовність етапів дизайн-мислення представено на **рис. 1**.

Проходження етапів відбувається не лише послідовно. За необхідності може проходити повертення на попередні етапи для уточнення вхідних даних та перегляду прийнятих рішень.

Головна мета методу: на основі визначення стану та рівня сформованості культури безпеки на підприємстві в умовах нечіткої інформації про реальний стан виробничої, соціальної та екологічної безпеки, а також рівня особистої відповідальності за стан безпеки на підприємстві осіб, що приймають рішення, забезпечити постійне підвищення рівня культури безпеки підприємства.

Стан культури безпеки визначають як нормативний, процесний, покращувальний, які відрізняються рівнем оцінки впливу культури безпеки стану працівників на безпеку підприємства. Рівень культури безпеки визначає рівень відповідальності менеджменту підприємства за безпеку – некерований, керований, свідомий. Стан культури безпеки підприємства можна визначити як:

$$SKS = (SKS_1, SKS_2, SKS_3), \quad (1)$$

де:

- SKS_1 – нормативна культура безпеки,
- SKS_2 – процесна культура безпеки,
- SKS_3 – покращувальна культура безпеки.

Рівень культури безпеки підприємства можна визначити як:

$$RKS = (RKS_1, RKS_2, RKS_3), \quad (2)$$

де:

- RKS_1 – некерований,
- RKS_2 – керований,
- RKS_3 – свідомий.

Оцінку рівня сформованості ментального простору проводять за шкалою, яка представлена в табл. 1.



Рис. 1. Послідовність етапів дизайн-мислення

Механізмом досягнення відповідного стану культури безпеки підприємства на бажаному рівні є системи управління безпекою, яка заснована на припущені, що з огляду на постійне існування факторів небезпеки та ризиків у бізнесі необхідно здійснювати попереджувальне управління з метою виявлення і вирішення цих проблем безпеки, перш ніж вони призведуть до нещасних випадків. Відображенням такого підходу є модель системи управління безпекою "4Р", яка передбачає чотири основні напрямки впровадження системи управління екологічною безпекою на підприємстві.

Філософія. Визнання керівництвом необхідності підвищення рівня безпеки підприємства з акцентом на складові з високим ступенем ризику, а саме екологічну безпеку.

Політика. Формування команди. Визначення відповідальних за окремі блоки екологічної безпеки. Розроблення екологічної політики. Затвердження супутніх документів екологічного спрямування. Затвердження комісій щодо екологічних складових діяльності підприємства. Затвердження графіків проведення заходів екологічного спрямування.

Процедури. Інформування працівників про зміни в системі щодо екологічної безпеки підприємства. Доведення до відома працівників основних положень екологічної політики та змісту затверджених документів. Організація реалізації запланованих дій та контролю за їх виконанням.

Практичне втілення. Реалізація запланованих дій. Контроль за дотриманням працівниками вимог затверджених документів. Контроль відповідності дій визначенім шляхам досягнення необхідного рівня безпеки. Моніторинг процесу для виявлення можливих небезpieczeń.

Процес розпочинається з формування філософії культури безпеки на підприємстві, усвідомлення існування небезпеки, підтвердження того, що безпека є відповідальністю кожного. В основі моделі системи управління безпекою транспортного підприємства "4Р" лежить концепція інтегрованої системи управління (ІСУ), що об'єднує вимоги стандартів різних серій, наприклад, ISO серії 9000, ISO серії 14000; OHSAS 18001 та інші. Програма проактивного управління безпекою ґрунтуються на основі циклу Демінга-Шухарта, реалізується у вигляді програми, проектів, портфелів проектів, вимагає постійного моніторингу і контролю та розробки документації, проведенням внутрішніх та наглядових аудитів. Вплив програми поширюється на регіон розташування та зовнішнє бізнес-середовище.

Прикладами проектів для підвищення рівня екологічної безпеки можуть бути:

- Проведення інформаційних заходів щодо впливу на довкілля небезпечних виробничих факторів та його мінімізації

- Залучення працівників до участі у місцевих екологічних заходах

- Формування мотивації працівників до прояву екологічної ініціативи

- Розробка інформаційних пам'яток щодо важливості збереження довкілля.

Результатом є отримання знань, набуття навичок та умінь; різносторонній розвиток; обмін досвідом; покращення психофізіологічного стану та моральної задоволеності результатом. Наведені приклади результатів мають як соціальний так і економічний ефект.

Приклад застосування. Для визначення ефективності методу дизайн-мислення для підвищення рівня екологічної безпеки транспортного підприємства завдяки підвищенню рівня культури безпеки транспортного підприємства N було застосовано метод формування ментального простору. Результати показали, що за початкового значення $k_{культури\ безпеки}$, що дорівнює 0,543 за шкалою (табл. 1) рівень сформованості ментального простору культури безпеки відповідав оцінці "задовільно" та був визначений як "керований рівень – процесна культура безпеки". Після впровадження запропонованих заходів для посилення складових безпеки підприємства, значенням коефіцієнта сформованості ментального простору культури безпеки змінило значення на 0,6393, що відповідає оцінці "добре", а рівень сформованості ментального простору культури безпеки відноситься до керованого рівня, частково процесної культури безпеки з елементами покращувальної культури безпеки. Зміни в системі управління безпекою підприємства на основі моделі "4Р" та впровадження портфелю проектів безпеки дозволили покращити загальну культуру безпеки підприємства на 15% з акцентом на екологічну складову.

Висновки

Отже, результати дослідження дозволили запропонувати метод підвищення рівня безпеки транспортного підприємства завдяки формуванню відповідного ментального простору даного підприємства методом дизайн-мислення. Для посилення екологічної безпеки підприємства запропоновано застосовувати модель системи управління безпекою "4Р", яка акцентує увагу на філософії, політиці, процедурах та практичному втіленні та базується на концепції інтегрованої системи управління, що об'єднує вимоги стандартів різних серій. Для підвищення рівня екологічної безпеки наведені приклади проектів, які за отриманими результатами мають як соціальний, так і економічний ефект. Впровадження розроблених заходів на

Шкала оцінки рівня сформованості ментального простору культури безпеки підприємства

№	Значення коефіцієнту сформованості ментального простору культури безпеки $k_{культури\ безпеки}$	Рівень сформованості ментального простору культури безпеки	
		Кількісна оцінка за шкалою Харінгтона	Якісна оцінка
1	[0,80; 1,00]	Дуже добре	Свідомий рівень – покращувальна культура безпеки
2	[0,63; 0,80)	Добре	Свідомий рівень – процесна культура безпеки Керований рівень – покращувальна культура безпеки
3	[0,37; 0,63)	Задовільно	Свідомий рівень – нормативна культура безпеки Керований рівень – процесна культура безпеки Некерований рівень – покращувальна культура безпеки
4	[0,20; 0,37)	Погано	Керований рівень – нормативна культура безпеки Некерований рівень – процесна культура безпеки Некерований рівень – нормативна культура безпеки
5	[0,00; 0,20)	Дуже погано	Культура безпеки взагалі відсутня

підприємстві дало змогу покращити загальну культуру безпеки підприємства з акцентом на екологічну складову, сформувати відповідний ментальний простір та підтвердити ефективність запропонованого методу.

Література

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80%D1%81%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B8>.

2. Хрутба В. О., Зюзюн В. І., Неведров С. Д., Лисак Р. С. Формування методів управління проектами та програмами безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Управління розвитком складних систем. 2019. № 40. С. 69–75.
[dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11969007](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969007)

3. Khrutba V., Lysak R., Marunych S., Starynets L. Concept of "Balanced approach" to Reduce Parametric and Ingredient Environmental Pollution from Transport Activities. Systemy i Środki transport. Bezpieczeństwo i materiały eksplotacyjne. Wybrane zagadnienia. Monografia nr 20. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 2020. S. 7–15.

4. Хрутба Ю. С., Лисак Р. С. Особливості формування ментального простору в проектах безпеки на транспорті. Project approach in the didactic process of universities – international dimension: in 4 parts. Part 1. – Lodz: PIKTOR Szlaski i Sobczak Spółka Jawna, 2020. P. 44–50.

5. Веренич О. В. Концептуальна модель формування ментального простору / О. В. Веренич // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 23. – С. 39–43

6. Лисак Р. С. Моделі та методи формування ментального

простору проектів безпеки транспортних підприємств: дис. ...
канд. техн. наук: 05.13.22 / Національний транспортний
університет. Київ, 2021. 218 с.

References

1. Pro skhvallenya Natsional'noyi transportnoyi stratehiy Ukrayiny na period do 2030 roku: Rozporyadzhenna Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 30 travnya 2018 r. # 430-r. – [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>.
 2. Khrut'ba V. O., Zyuzyn V. I., Nyevyedrov S. D., Lysak R. S. Formuvannya metodiv upravlinnya proektamy ta prohramy bezpeky ob"yektiv krytychnoyi infrastruktury. Upravlinnya rozvytkom skladnykh system. 2019. # 40. S. 69–75. dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11969007.
 3. Khrutba V., Lysak R., Marunych S., Starynets L. Concept of "Balanced approach" to Reduce Parametric and Ingredient Environmental Pollution from Transport Activities. Systemy i Środki transport. Bezpieczeństwo i materiały eksplatacyjne. Wybrane zagadnienia. Monografia nr 20. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 2020. S. 7–15.
 4. Khrut'ba Yu. S., Lysak R. S. Osoblyvosti formuvannya mental'noho prostoru v proektakh bezpeky na transporti. Project approach in the didactic process of universities – international dimension: in 4 parts. Part 1. – Lodz: PIKTOR Szlaski i Sobczak Spółka Jawna, 2020. P. 44–50.
 5. Verenych O. V. Kontseptual'na model' formuvannya mental'noho prostoru / O. V. Verenych // Upravlinnya rozvytkom skladnykh system. – 2015. – # 23. – S. 39–43.
 6. Lysak R. S. Modeli ta metody formuvannya mental'noho prostoru proektiv bezpeky transportnykh pidpryyemstv: dys.... kand. tekhn. nauk: 05.13.22 / Natsional'nyy transportnyy universytet. Kyiv, 2021. 218 s.

© С. І. Бондарев, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій та засобів у АПК, e-mail: bondarevgall@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9626-6633;
 © А. О. Олійник, студент магістратури механіко-технологічного факультету e-mail: Oliynuk1410@gmail.com (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

© С. І. Бондарев, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій и средств в АПК, e-mail: bondarevgall@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9626-6633;
 © А. А. Олийник, студент магистратуры механико-технологического факультета, e-mail: Oliynuk1410@gmail.com (Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины)

© Serhii Bondariev, Ph.D. Associate Professor, Associate Professor of Transport Technologies and Means in Agriculture department, e-mail: bondarevgall@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9626-6633;
 © Andrii Oliynyk, Master's student, Faculty of Mechanics and Technology, e-mail: Oliynuk1410@gmail.com (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine)

ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЯКОСТІ

ОПТИМИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПАССАЖИРСКИХ
АВТОПЕРЕВОЗОК ПО КРИТЕРИЯМ КАЧЕСТВА

OPTIMIZATION OF ENTERPRISES' OPERATION IN
PERFORMING PASSENGER TRANSPORTATION BY QUALITY
CRITERIA

Анотація. У статті представлені результати досліджень щодо планування транспортного процесу автомобільних перевезень громадським транспортом загального користування на міських та приміських маршрутах. Запропоновано алгоритм для оптимізації кількісного складу автотранспорту на маршруті, пасажиромісткості, інтервали руху залежно від потужності пасажиропотоку, а також виконання розрахунку техніко-економічних показників. Наведені результати опитування пасажирів громадського автотранспорту щодо критеріїв якості надання послуг та їхньої пріоритетності. Встановлені оптимізаційні взаємозв'язки якісних показників роботи рухомого складу та планово-організаційних і виробничих засад.

Ключові слова: пасажирські автомобільні перевезення, громадський транспорт загального користування, оптимізація бізнес-процесів на автотранспорті, раціональні рішення у сфері пасажирських перевезень.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований планирования транспортного процесса при выполнении автоперевозок транспортом общего пользования на городских и пригородных маршрутах. Представлен алгоритм, с помощью которого оптимизируются количественный состав автотранспорта на маршруте, пассажировместимость, интервалы движения в зависимости от мощности пассажиропотока, а также рассчитываются технико-экономические показатели. Приведены результаты опроса пассажиров общественного автотранспорта касательно критерии качества услуг и их приоритетности. Установлены оптимизационные взаимосвязи качественных показателей работы подвижного состава и планово-организационных и производственных мероприятий.

Ключевые слова: пассажирские автомобильные перевозки, общественный транспорт, оптимизация бизнес-процессов на автотранспорте, рациональные решения в сфере пассажирских перевозок.

Abstract. Economic, technical and operational performance of passenger road transport is a crucial aspect in the planning of transport processes. The performance of passenger road transport for public transportation is primarily related to the quality of passenger services. The quality of transport services is determined by a set of properties and characteristics that must meet the needs of consumers: a clear schedule of vehicle stock; speed of connection, level of tariffs; comfort and reliability of buses, cabin filling, especially during rush hour and some others. The most important factors for transport operators are the cost of transport services. Improper organization of passenger transport leads to

unjustified costs. The efficiency of transport depends on properly defined indicators – organizational, technical (type, quantitative composition, passenger capacity of vehicle stock etc.), operational (speed, intervals, trip time on the route etc.), as well as qualifications and responsibilities of drivers, along with other management measures. Therefore, research related to improving the efficiency of vehicle operation by reducing costs is appropriate and relevant.

The article presents the results of research on the planning of the transport process in the performance of road transport for public transportation on urban and suburban routes. It is presented an algorithm which optimizes the quantitative composition of vehicles on the route, passenger capacity, traffic intervals depending on the capacity of passenger load, and also allows to calculate technical and economic indicators. The results of the survey of public transport passengers against the criteria of services' quality and their priority are presented.

Thus, according to the results of research, the main purpose of which is to solve a multi-criteria problem of minimizing fixed and variable costs in the performance of passenger road transport, is the optimization of interconnection between quality indicators of vehicle stock and planning, organizational and production principles.

Keywords: passenger road transportation, public transport, optimization of business processes in motor transport, rational decisions in the sphere of passenger transportation, quality indicators of road transport.

Вступ

Підприємства, що надають пасажирські автомобільні послуги, дуже часто не отримують виправданих доходів унаслідок розбалансованого управління бізнес-процесами та запровадження нерационально розроблених операцій. Це позначається на якості самих автоперевезень та обслуговуванні пасажирів. Практично перед усіма підприємствами постає питання підвищення ефективності роботи, економії ресурсів тощо.

Кожний автоперевізник зацікавлений в ефективності перевезень пасажирів на громадському автотранспорті загального користування. Основними критеріями, що ставить перед собою перевізник, є оптимізація транспортних витрат та збереження максимального прибутку. Власники транспортних засобів дедалі частіше замислюються над питанням: як ефективно та максимально раціонально використовувати свій транспорт. Чи вигідно взагалі будувати бізнес на перевезенні пасажирів і що необхідно зробити, щоб ця ідея спрацювала? У пасажирських автоперевезеннях оптимізація витрат – це процес зниження сумарного рівня витрат перевізника. Досягти цього можна за допомогою вдосконалення управління, скорочення чи відмов від витрат із низки непродуктивних статей. Однак оптимізація витрат на підприємстві повинна обов'язково проводитися за статтями, які не впливають на основні бізнес-процеси, але впливають на прибутки перевізника і не погіршують якісних та кількісних показників роботи.

Постановка проблеми та основний виклад матеріалу

Сучасний технологічний світ пропонує достатньо рішень для оптимізації бізнесу транспортних послуг. Однак вони зазвичай є коштовними і тому неприйнятними для більшості малих і середніх транспортних організацій, які і становлять більшість серед низки підприємств, що надають пасажирські автотранспортні послуги.

Стратегія побудови бізнесу передбачає виявлення та облік факторів, які сприятимуть (або істотно заважатимуть!) одержанню прибутку від бізнес-діяльності. До категорії найважливіших обставин, що безпосередньо впливають на успіх автопідприємств, належать такі, як: конкурентоспроможність; витрати, пов'язані з експлуатацією транспорту; варіанти оформлення бізнесу в державних податкових органах, розмір податкових платежів тощо.

Зокрема, більш активне використання населенням індивідуального транспорту та послуг таксі призводить до зменшення прибутку автопідприємств від бізнес-діяльності.

Підвищення якості послуг, комфорту рухомого складу, швидкості руху, обґрунтованості тарифу проїзду пасажирським транспортом загального користування сприяють активнішому його використанню населенням і зростанню прибутків автопідприємств.

Враховуючи вимоги сьогодення щодо допуску на ринок пасажирських перевезень загального користування, вимоги замовника послуг стають більш жорсткими: не менше за 60 пасажиромісць, датчики підрахунку пасажиропотоку, чотири відеокамери відеоспостереження, відповідність автотранспорту екологічним нормам щонайменше рівня "Євро-5" тощо. [8]. Впроваджуючи засоби технічного контролю пасажиропотоку, перевізники мають оптимізувати роботу автотранспорту за допомогою автоматизованих систем (наприклад, системи DynaPCN 10-20, АСУПП, системи Intranso тощо).

Також автоперевізник має дбати про оптимізацію роботи рухомого складу та кваліфікованого персоналу з метою зменшення загальних витрат. З огляду на це автори обґрунтують алгоритм оптимізації технічних, експлуатаційних та економічних показників роботи автотранспорту з метою зменшення витрат.

Ефективне надання послуг із перевезень полягає у визначені рівня задоволеності пасажирів

шляхом очікуваного ними рівня якості [4]. У роботі виконано аналіз останніх досліджень науковців. Вагомий внесок у сучасне розуміння та розвиток організації та управління транспортною діяльністю належить ученим: В. П. Алферєву, І. Д. Афанасенку, Н. В. Афанасьевій, Г. Л. Багиеву, А. М. Гаджинському та іншим. Надважливу роль мають методичні підходи з удосконалення рівня транспортного обслуговування, враховуючи управління операціями і процесами, які необхідно вдосконалювати [2, 3]. Питання раціональної організації роботи рухомого складу на маршруті з урахуванням інтересів пасажирів щодо якості перевезень пов'язане з ефективним контролем основних виробничих операцій, що і є пріоритетним напрямком наукових досліджень [4-6].

Відомо, що основна частина переміщень громадян залежить від професійно-ділової діяльності [7]. Відповідно до зайнятості населення на певних територіальних утвореннях (міста, передмістя, селища, громади тощо) частка професійно-ділової транспортної активності може суттєво відрізнятись. Але вона завжди превалює над соціально-побутовою транспортною рухливістю. За результатами опитувань населення (потенційні пасажири [1]) професійно-ділова транспортна активність перебуває межах 57-77% (рис. 1).

Така частка пасажирів, що користуються громадським транспортом, обумовлена необхідністю, викликаною незначними доходами громадян. У структурі користування різними видами транспорту в межах територіальних об'єднань постає закономірність, представлена на рис. 2 [2].

За результатами опитування населення, що користується особистими автомобілями, понад 60%

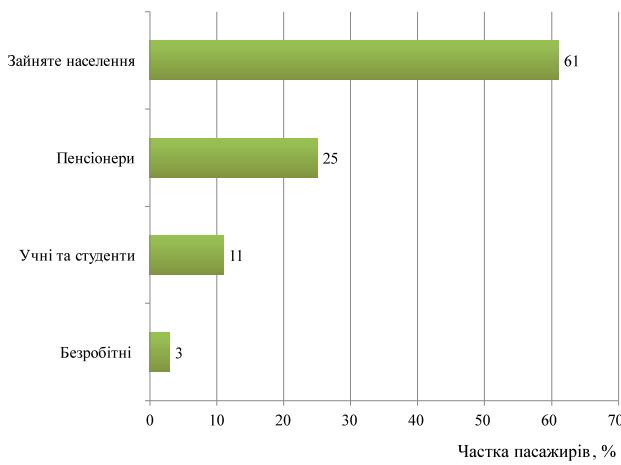


Рис. 1. Структура транспортної рухливості громадським автотранспортом у містах і передмістях (опитування)

з них готові користуватись громадським транспортом, але за умови якісного надання цієї послуги. Отже, кількість потенційних пасажирів може зрости до 78-80 %, тобто на 16-18%. А це мотивація перевізникам поліпшити якість перевезень.

У червні і жовтні 2021 р. проведені дослідження – анкетування пасажирів у м. Києві щодо визначення якісних показників роботи громадського транспорту з рівнем їхньої вагомості (рис. 3).

Найбільш важливими з якісних показників виявилися точний графік руху та оптимальне наповнення салону, що й було передбачуваним, а от показник "тариф" опинився на останньому місці. А це свідчить про те, що пасажири свідомо готові платити за якісні послуги.

Ідеальним транспортним процесом було б безперервне коригування розподілу рухомого складу за маршрутами в часі згідно з пасажиропотоком. Сьогодні така технічна можливість існує, але однозначної моделі для транспортних мереж різних територіальних утворень немає, необхідно розробляти індивідуальні конкретні проекти для мереж, напрямків руху тощо. Автори пропонують адаптований алгоритм до вирішення цього завдання. Розглянемо схему (рис. 4).

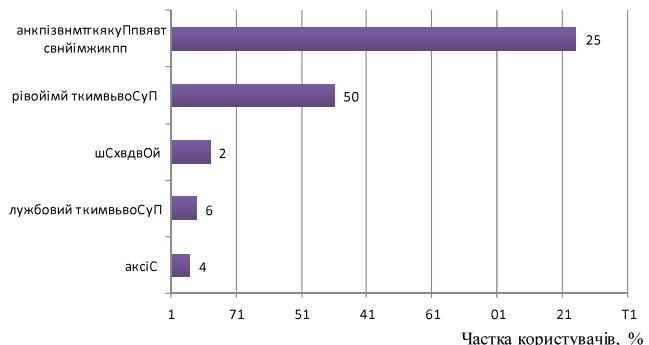


Рис. 2. Відсотковий розподіл щодо користування населенням різними видами транспорту за професійно-діловими потребами

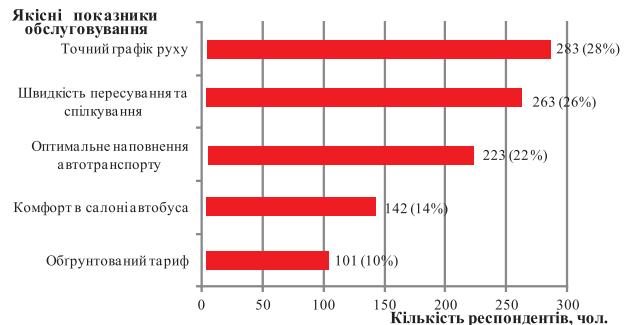


Рис. 3. Результати опитувань пасажирів щодо якісних показників роботи громадського автотранспорту

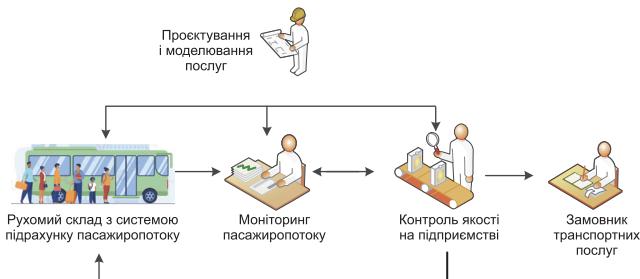


Рис. 4. Схема взаємозв'язків у бізнес-процесі надання послуг за критеріями якості

Проект полягає в тому, що РС має бути обладнаним системою підрахунку пасажиропотоку в режимі онлайн та GPS-трекерами. Обробка інформації про зміну пасажиропотоку має відбуватись на власному сервері. Змодельована система під конкретні умови – комплексна система управління РС. Останнім елементом має бути операційний відділ з контролю якості (кількість рухомого складу, інтервали руху, моніторинг відгуків споживачів) зі звітуванням замовників послуг.

Розроблений алгоритм оптимізації роботи кількісного рухомого складу залежно від потужності пасажиропотоків та діапазону інтервалів руху має за основний критерій коефіцієнт наповнення салону, який не буде перевищувати 0,8.

Алгоритм реалізований у табличному процесорі програми Microsoft Excel. Вихідними параметрами слугують технічні й експлуатаційні по-

казники рухомого складу, характеристика маршруту, а також дані пасажиропотоку, які підраховують за годинами доби та інтегрують до зовнішньої бази даних, що розміщені в модулі системи моніторингу пасажиропотоків (GRT-DM 02).

Наявні інтелектуальні автоматизовані системи, які дозволяють обраховувати пасажиропотоки, кількість, пасажиромісткість рухомого складу, інтервали руху, мають низку недоліків, насамперед – зависоку ціну. Крім того, необхідно проходити навчання, а найголовніше, що за обслуговування цих систем доводиться регулярно сплачувати абонплату розробнику за підтримку та інші послуги. Отже, маємо додаткову постійну статтю витрат.

Розробка авторів є більш привабливою завдяки тому, що алгоритм буде доступним для опробування протягом 30 днів безкоштовно, а після завершення цього терміну розробка може бути придбана за цілком символічну ціну без будь-якої абонплати. Розробка не потребує будь-яких навичок чи навчання. Все, що необхідно для користувача, – це мати встановлену на автобуси систему підрахунку пасажиропотоку, адаптаційний модуль інтеграції статистичних даних в Excel та персональний комп'ютер із програмою Microsoft Office, занести необхідну характеристику маршруту і деякі технічні дані у відповідні комірки таблиці. Після всього зазначеного результат буде сформований автоматично, а також будуть надані рекомендації (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Вихідні дані:		Показники		Рухомий склад		Інтервал руху
2	Час рейсу на маршруті (прямий напрям), год		0,88				
3	Час рейсу на маршруті (зворотний напрям) год		0,87				
4	Час стоянки на проміжних зупинках (середній)		0,01				
5	Кількість світлофорів, перехресть, пішохідних пер., тощо		21,00				
6	Кількість зупинок (прямий напрям)		26,00				
7	Кількість зупинок (зворотний напрям)		26,00				
8	Довжина маршруту у прямому напрямку 1м		19,90				
9	Довжина маршруту у зворотному напрямку, 1м		19,80				
10	Час роботи на маршруті *** (напр. з 5.30 до 23.00)		17,50				
11	Коефіцієнт випуску парку		0,81				
12							
13							
14							
15							
16							
17	Рекомендовані дані для прийняття рішень по маршруту						
18							
19	Пасажиромісткість автобуса, місць		60				
20	Поправочний коефіцієнт швидкості (сезонні)		1,18				
21	Час стоянки на кінцевих зупинках, хв.		6.../..12				
22	Час стоянки на світл., перехресть, пішохідних пер.		0,5				
23							
24							

Рис. 5. Головне вікно програми для введення основних даних роботи автотранспорту та характеристик маршруту

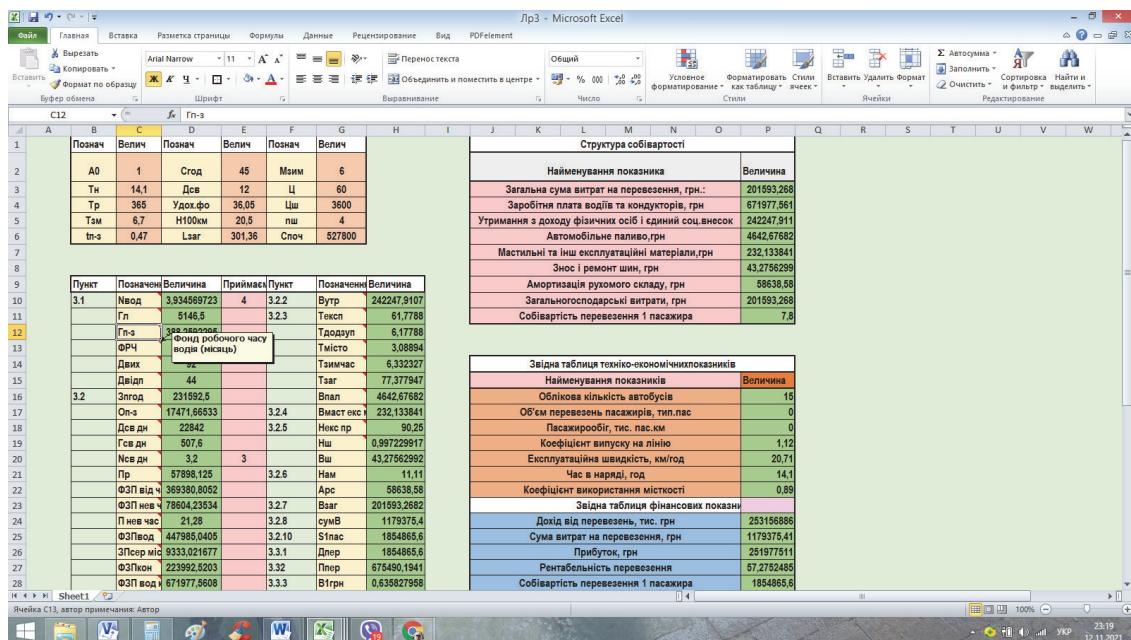


Рис. 6. Вікно технічних, експлуатаційних та економічних показників

Також програма підраховує низку технічних та експлуатаційних показників, якими може оперувати начальник автоколони і здійснює економічні й фінансові розрахунки для бухгалтера та керівника (рис. 6).

Отже, керівники автопідприємств за допомогою цієї програми мають можливість оптимізувати роботу автотранспорту, зменшити собівартість і витрати на перевезення та збільшити свої прибутки.

Висновки

Результати дослідження обґрунтують та підтверджують ефективність запропонованого алгоритму з оптимізації роботи рухомого складу на маршруті і дозволяють розрахувати постійні та змінні витрати робочого процесу надання послуг.

Аналітично обґрунтovanий та апробований на практиці алгоритм визначення оптимальної кількості РС і пасажиромісткості від потужності пасажиропотоку і рекомендованого інтервалу руху.

Впровадження запропонованого методу дозволить не лише покращити якість надання послуг і збільшити прибутки автоперевізників, але з часом налагодити чіткий виробничий бізнес-процес, а саме: оптимізувати кількісний склад кваліфікованого персоналу; зменшити загальні витрати на надання послуг; удосконалити графік роботи водійських бригад згідно з вимогами законодавства; оновити рухомий склад за рахунок збільшення прибутків завдяки зростанню паса-

жиропотоку та зменшенню змінних і постійних витрат; забезпечити високий рівень екологічності проекту (зменшення викидів продуктів згоряння) завдяки оптимізації інтервалів руху та обґрунтованості пасажиромісткості рухомого складу; зменшенню завантаження та інтенсивності руху за маршрутами.

Література

- Гілевська К. Б. Уdosконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями якості [Електронний ресурс] / Катерина Бріївна Гілевська. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://diser.ntu.edu.ua/Hilevska_dis.pdf.
2. Звіт про науково-дослідну роботу "Методика складання, корегування та моніторингу виконання розкладу руху на маршрутах громадського транспорту" (проміжний). / Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,. – № ДР 2638/13. – Х.: 2015. – 43 с.
3. Гілевська К. Ю. Методика визначення інтервалу руху пасажирського транспортного засобу на маршруті МПТС, з урахуванням пасажиропотоків, коефіцієнту заповнення салону та часу чекання пасажиром на зупинці / О. Е. Сокульський, К. Ю. Гілевська, Д. Л. Панченко // Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал. – К.: НТУ. – 2014. – Вип. 14. – С. 163–171.
4. Закон України "Про захист прав споживачів" (Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1991, № 30, ст.379) Чинний. [Електронний ресурс]. – 1991. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12#Text>.
5. Сакун Л. М. Впровадження системи управління якістю у діяльність вітчизняних автотранспортних підприємств. / Сакун Л. М., Герасимчук В. В., Велькін Б. О. Журнал "Інфраструктура ринку", Випуск 36. 2019. – 2019. С. 266–272.
6. Петровська С. І. Принципи оцінювання якості послуги в перевезень пасажирів транспортом загального користування в місті. / Вісник ХДУ. Серія "Економічні науки", № 34. – 2019. С. 86–90.

7. Бондарев С. І. Якість менеджменту управління трудовими ресурсами на автопідприємствах / С. І. Бондарев // Автомобільний транспорт та інфраструктура: III Міжнародна наук.-практ. конф., 23-25 квіт. 2020 р.: тези допов. – К., 2020. – С. 29–32.
8. Усов К. Київ оголосив новий конкурс на перевезення пасажирів: підвищую вимоги, запрошуємо перевізників з усієї України [Електронний ресурс] / Костянтин Усов // Офіційний портал Києва. Київська міська рада. Київська міська державна адміністрація. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://kyivcity.gov.ua/news/kiv_ogolosiv_noviy_konkurs_na_perevezennya_pasazhiriv_pidvischuyemo_vimogi_zaproshuyemo_pereviznikiv_z_usiye_ukrani_kostyantin_usov/

References

1. Gilevs'ka, K. B. Udoskonalenna organizatsiyi perevezenu' pasazhyriv mis'kym hromads'kym transportom za kryteriyamyi yakosti [Elektronnyy resurs] / Katerina Briyivna Gilevs'ka. – 2017. – Rezhym dostupu do resursu: http://diser.ntu.edu.ua/Hilevska_dis.pdf.
2. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu "Metodyka skladannya, koreguvannya ta monitoringu vykonannya rozkladu rukhu na marshrutakh hromads'kogo transportu" (promizhnyy). / Kharkivs'ky natsional'ny universytet mis'kogo gospodarstva imeni O.M. Beketova,. – № DR 2638/13. – KH.: 2015. – 43s.
3. Gilevs'ka, K.Yu. Metodyka vyznachennya intervalu rukhu pasazhyrs'kogo transportnogo zasobu na marshruti MPTS, z urakhuvanniam pasazhyropotokiv, koefitsiyentu zapovnennya

- salonu ta chasu chekannya pasazhyrom na zupintsi / O.E. Sokul's'ky, K.Yu. Gilevs'ka, D.L. Panchenko // Upravlinnya proyektam, systemny analiz i logistika: naukovyy zhurnal. – K.: NTU. – 2014. – Vyp. 14. – S. 163–171.
4. Zakon Ukrayiny "Pro zaklyuchivani prav spozhyvachiv" (Vidomosti Verkhovnoyi Rady URSR (VVR), 1991, № 30, st.379) Chinnyy. [Elektronnyy resurs]. – 1991. – Rezhym dostupu do resursu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12#Text>.
5. Sakun, L.M. Vprovadzhennya systemy upravlinnya yakistyu u diyal'nist' vitchiznyanykh avtotransportnykh pidpryyemstv. / Sakun, L.M., Gerasimchuk, V.V., Viel'kin B.O. Zhurnal "Infrastruktura rynku", Vypusk 36. 2019. – 2019. S. 266–272.
6. Petrovs'ka, S.I. Pryntsypy otsinyuvannya yakosti poslugy z perevezenu' pasazhyiriv transportom zagal'nogo korystuvannya v misti. / Visnyk KHDU Seriya Ekonomichni nauky, № 34. – 2019. S. 86–90.
7. Bondariev, S. I. Yakist' menedzhmentu upravlinnya trudovymy resursamy na avtopidpryyemstvakh / S. I. Bondarev // Avtomobil'nyy transport ta infrastruktura: III Mizhnarodna nauk.-prakt. konf., 23–25 kvit. 2020 r.: tezy dopov. – K., 2020. – S. 29–32.
8. Usov, K. Kyiv ogolosiv novyy konkurs na perevezennya pasazhyriv: pidvyshchuyemo vymogy, zaproshuyemo pereviznykiv z usiyei Ukrayiny [Elektronnyy resurs] / Kostyantyn Usov // Ofitsiyny portal Kyyeva. Kyyivs'ka mis'ka rada. Kyyivs'ka mis'ka derzhavna administratsiya. – 2021. – Rezhym dostupu do resursu: https://kyivcity.gov.ua/news/kiv_ogolosiv_noviy_konkurs_na_perevezennya_pasazhiriv_pidvischuyemo_vimogi_zaproshuyemo_pereviznikiv_z_usiye_ukrani_kostyantin_usov/.

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ВІДДІЛ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ ЗАПРОШУЄ НА НАВЧАННЯ

**ДП «ДержавтотрансНДІпроект» пропонує послуги
з підвищення кваліфікації керівників,
менеджерів і спеціалістів за такими напрямками:**

- внутрішні перевезення пасажирів;
- міжнародні перевезення пасажирів;
- внутрішні перевезення вантажів;
- міжнародні перевезення вантажів;
- безпека перевезень; охорона праці; пожежна безпека;
- перевірка технічного стану транспортних засобів автомобільними перевізниками (механік, контролер, слюсар).

Дізнавайтесь більше за тел.:
(044) 455-67-52 або пишіть на e-mail:
vkuzmich@insat.org.ua

Ми завжди відкриті до співпраці!
Детальніше про діяльність нашого інституту за адресою: <https://insat.org.ua/>

© Ю. Ю. Кукурудзяк, канд. техн. наук,
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Вінницький національний технічний
університет)

© Ю. Ю. Кукурудзяк, канд. техн. наук,
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Винницкий национальный
технический университет)

© Yuriy Kukurudziak, Candidate of
Technical Science (PhD),
e-mail: uk34@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0624-3893
(Vinnytsia National Technical University)

МОДЕЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСІВ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

МОДЕЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ АВТОБУСОВ НА ОСНОВЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ

THE MODEL OF IDENTIFICATION OPERATING CONDITIONS
OF CITY PASSENGER BUSES ON THE BASIS OF
INFORMATION PROCESSING INTELLECTUAL METHODS

Анотація. Запропонована модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів. Умови експлуатації визначені для перегонів транспортної мережі міста, враховуючи маршрути, транспортні засоби і час ідентифікації. Модель базована на інтелектуальних методах обробки інформації, зокрема ієрархічній системі нечіткого логічного виведення.

Ключові слова: умови експлуатації, автобус, ідентифікація, нечітке виведення.

Аннотация. Предложена модель идентификации условий эксплуатации городских пассажирских автобусов. Условия эксплуатации определяются для перегонов транспортной сети города, учитывая маршруты, транспортные средства и время идентификации. Модель базируется на интеллектуальных методах обработки информации, в частности, иерархической системе нечеткого логического вывода.

Ключевые слова: условия эксплуатации, автобус, идентификация, нечеткий вывод.

Abstract. The identification model of operating conditions of city passenger buses is offered. Operating conditions are determined for the city's transport network races, taking into account routes, vehicles and identification time. The model is based on intelligent methods of information processing, in particular a hierarchical system of fuzzy inference.

Keywords: operating conditions, bus, identification, fuzzy output.

Вступ

Ефективна експлуатація міських пасажирських автобусів є основою забезпечення потреб у перевезеннях пасажирів за мінімально можливих витрат із забезпеченням достатнього рівня

безпеки та комфорту. Це можливо на високому рівні технічної готовності рухомого складу. Рівень технічної готовності міських пасажирських автобусів залежить від багатьох факторів, серед яких важоме місце займає вчасне та якісне вико-

нання робіт обслуговування і поточного ремонту. Ці роботи можуть бути виконані періодично "за ресурсом", як передбачає планово-попереджуvalна система [1]. Інший підхід "за станом" ґрунтуються на врахуванні індивідуальних особливостей, а також індивідуальних умов експлуатації кожної окремої транспортної одиниці, що залежать від маршруту експлуатації. На різних маршрутах ці умови різні і вони змінюються з часом. Питання визначення та класифікації умов експлуатації автобусів міського пасажирського транспорту розглянуте в досить великий кількості наукових робіт [3, 4, 6] та багатьох інших. Умови експлуатації автобусів на окремих міських маршрутах можуть бути визначені, базуючись на класифікації складності маршрутів [3, 4], де передбачено розподіл маршрутів на окремі категорії на основі дорожніх і транспортних умов. Однак багато факторів, що впливають на ці умови, є змінними і випадковими величинами. Це дає підстави констатувати те, що за неоднозначності і випадковості вхідних даних застосування алгоритмічних методів для визначення умов експлуатації не завжди дає бажаний результат. Пошук підходів і методів визначення умов експлуатації міських автобусів є досить актуальним у наукових дослідженнях. **Метою цієї роботи є** дослідження основних принципів оперативної автоматизованої ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів на основі методів інтелектуальної обробки інформації.

Основна частина

Ефективність експлуатації автобусів міського пасажирського транспорту характеризують певними показниками, які можна розділити на окремі групи: експлуатаційно-економічні, які враховують витрати та доходи під час експлуатації транспортних засобів; екологічні, які враховують фактори забруднення навколошнього середовища; соціальні, які враховують забезпечення потреб у перевезенні пасажирів.

Показники ефективності експлуатації міських пасажирських автобусів визначають з метою прийняття рішень щодо можливості та доцільноті експлуатації окремої транспортної одиниці на заданому маршруті руху. Показники ефективності експлуатації є змінними величинами. Вони залежать від багатьох факторів, серед яких досить вагомими є технічний стан транспортних засобів та умов їхньої експлуатації. Отже, експлуатацію окремої транспортної одиниці на кожній окремій ділянці маршруту (перегоні) мож-

на розглядати як інформаційну систему, що характеризується умовами експлуатації, показниками експлуатації та характеристиками транспортного засобу. Постійне оперативне визначення показників ефективності експлуатації може здійснюватись за допомогою системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (AIEM) [2]. Ця система є системою допомоги прийняття рішень і призначена для пошуку оптимального оперативного рішення щодо експлуатації кожної окремої транспортної одиниці із врахуванням великих обсягів вхідної інформації різної природи.

Режими руху та умов експлуатації міських пасажирських автобусів суттєво відрізняються від умов експлуатації звичайних автомобілів. Фактори, що впливають на умови експлуатації, досить детально досліджені й описані у великій кількості наявних наукових робіт. Для врахування впливу різних факторів умов експлуатації на показники ефективності експлуатації в наукових роботах описані різні методики класифікації маршрутів за категоріями складності. З аналізу цих робіт можна дійти висновку, що кількість факторів досить велика, кожен із можливих факторів має певний ступінь впливу на показники ефективності експлуатації. В роботах [3, 4] визначено, що найбільш впливовими є такі фактори: частота планових і позапланових зупинок, довжина перегону, швидкість руху на перегоні, інтенсивність транспортного потоку, завантаження транспортного засобу, тип і стан дорожнього покриття, кількість і вид перехресть.

Фактори впливу на умови експлуатації можна поділити на три групи, базуючись на зв'язках взаємного впливу (**рис. 1**). Кожну групу факторів характеризує певний результат (X_1, X_2, X_3), що є вхідними даними для класифікації умов експлуатації.

Перша група факторів X_1 характеризує ділянку дороги, що відповідає окремому перегону і не враховує рух транспортних засобів. Фактори цієї групи можна вважати незмінними протягом певного періоду часу. Фактор $X_{1.1}$ враховує дорожнє покриття, його тип і стан. Фактор $X_{1.2}$ враховує рельєф місцевості, наявність підйомів і спусків. Фактор $X_{1.3}$ враховує можливу кількість позапланових зупинок та вимушеної зниження швидкості руху, які залежать від кількості світлофорів, кількості пішохідних переходів, кількості нерегульованих перехресть, кількості поворотів. Фактор $X_{1.4}$ враховує довжину перегону.

Друга група факторів Х2 характеризує умови руху на даній ділянці дороги для всіх транспортних засобів, що рухаються на ній незалежно від маршруту й типу транспортного засобу. Ці фактори є змінними величинами, які можна вважати випадковими, але ймовірність появи того чи іншого значення залежить від часу доби та дня тижня. Фактор Х2.1 характеризує щільність транспортного потоку або ймовірний ступінь заторів на перегоні. Фактор Х2.2 характеризує середню можливу швидкість руху на перегоні.

Третя група факторів Х3 враховує особливості кожного окремого маршруту, що проходить че-

рез дану ділянку дороги та особливості транспортного засобу. Фактори цієї групи також є змінними величинами, які залежать від місяця року, дня тижня і часу доби. Фактор Х3.1 характеризує завантаженість транспортного засобу, що визначається пасажиропотоком на даному перегоні та пасажиромісткістю транспортного засобу. Фактор Х3.2 характеризує планову швидкість руху згідно з розкладом руху для цього маршруту.

Умови експлуатації є об'єктом класифікації і залежать від вище перелічених факторів. Частина факторів є постійними величинами, а інша частина – випадковими. Різні транспортні мар-

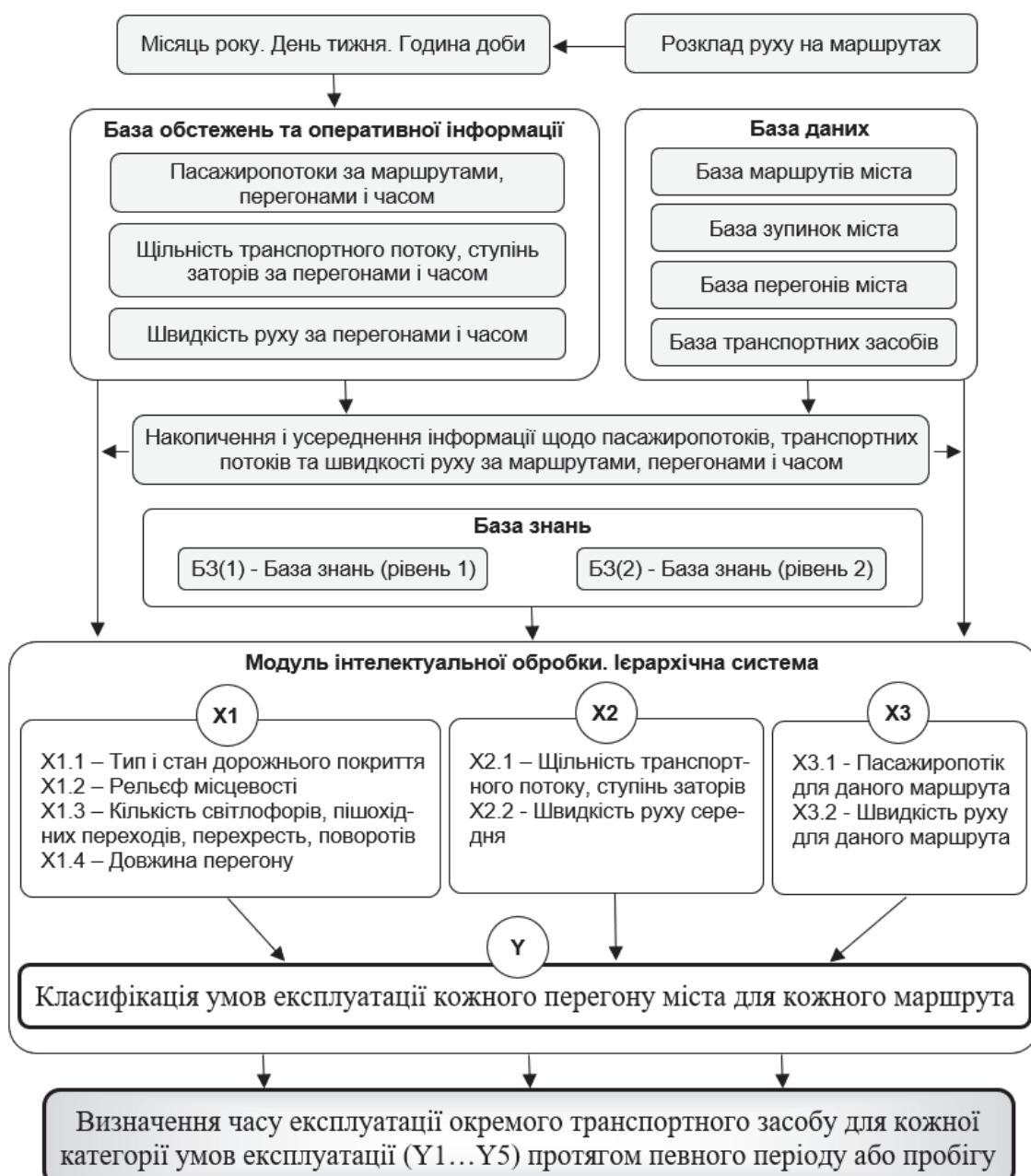


Рис. 1. Структурна схема моделі ідентифікації умов експлуатації

шрути міста можуть значно відрізнятись за умовами експлуатації. Водночас фактори умов експлуатації є різними для різних перегонів одного маршруту, а також змінними величинами в часі.

Система АІЕМ є об'єктно-орієнтованою (рис. 2). Властивості класів системи відповідають структурі та взаємозв'язкам між таблицями бази даних. Основними є класи: маршрут "Route", зупинка "Station", перегін "Section", транспортний засіб "Car".

База даних містить інформацію про всі перегони міста. Клас "Section" містить досить велику кількість властивостей, серед яких є опис факторів умов експлуатації. Перша і друга група факторів (X_1 і X_2) не залежать від маршруту і характеризують окрім ділянку дороги (перегін). Фактори групи X_1 заносяться до бази даних як постійні величини. Фактори групи X_2 мають випадковий характер. Вони накопичуються і усереднюються в базі даних для кожного перегону залежно від часу. Фактори групи X_3 враховують пасажиропотік маршруту і тип та пасажиромісткість транспортного засобу, що дає можливість визначити завантаження транспортного засобу. Ці фактори також надходять до бази даних як оперативна інформація за результатами обстежень. Завантаженість транспортних засобів на кожному перегоні для кожного маршруту також накопичується і усереднюється залежно від часу.

Нерідко один перегін є частиною декількох маршрутів – "Route" $\Sigma(1\dots N)$. Водночас на цих маршрутах можуть експлуатуватися різні транспортні засоби – "Car" $\Sigma(1\dots M)$. Отже, ідентифікація умов експлуатації для окремого перегону є складовим елементом для визначення умов експлуатації на всіх маршрутах, що містять у собі цей перегін і для всіх транспортних засобів – "Route-Section-Car" $\Sigma(1\dots NM)$.

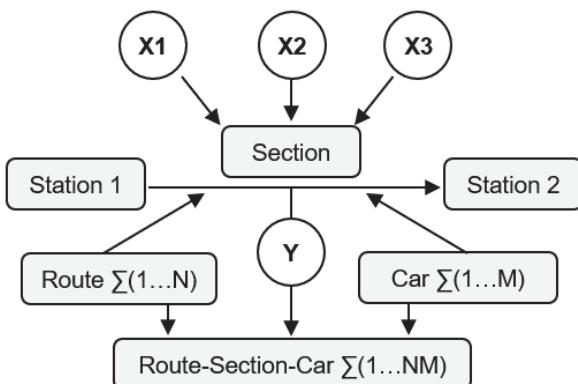


Рис. 2. Класи формування умов експлуатації на окремому перегоні

Модель ідентифікації умов експлуатації (рис. 1) повинна давати можливість урахування зазначених факторів у прийнятті оперативних експлуатаційних рішень. Тобто для кожної транспортної одиниці необхідно оперувати інформацією про умови експлуатації за певний період часу або за певний пробіг. До того ж вважають, що на цьому проміжку часу враховують технічний стан транспортного засобу і він є визначенім для кожної окремої транспортної одиниці. Застосування математичних алгоритмічних методів для вирішення такої задачі не дасть бажаного результату. Це пояснюють великими обсягами вхідної інформації різної природи, яка представлена як у числовій, так і в лінгвістичній формі. Більш доцільним є застосування методів інтелектуальної обробки всієї доступної інформації, а також врахування накопиченого досвіду. Найбільш поширеними інтелектуальними системами є штучні нейронні мережі, системи евристичного пошуку (генетичні алгоритми), системи, основані на знаннях (експертні системи, системи логічних висновків) [5]. Такий підхід передбачає формування бази знань, що містить правила, за якими здійснюють пошук оптимального рішення.

Модуль інтелектуальної обробки інформації є нечіткою ієархічною системою з двома рівнями (рис. 3). Вихід бази знань першого рівня поєднується на вхід бази знань другого рівня, яка є вищою за ієархією [7].

База знань першого рівня поділена на три частини, які описують залежностями: $X_1 = f_1(X_{1.1}, X_{1.2}, X_{1.3}, X_{1.4})$; $X_2 = f_2(X_{2.1}, X_{2.2})$; $X_3 = f_3(X_{3.1}, X_{3.2})$. База знань другого рівня описана залежністю $Y = f(X_1, X_2, X_3)$.

На вхід бази знань першого рівня поєднується інформація у вигляді чисельних значень або у вигляді лінгвістичних змінних із відповідними

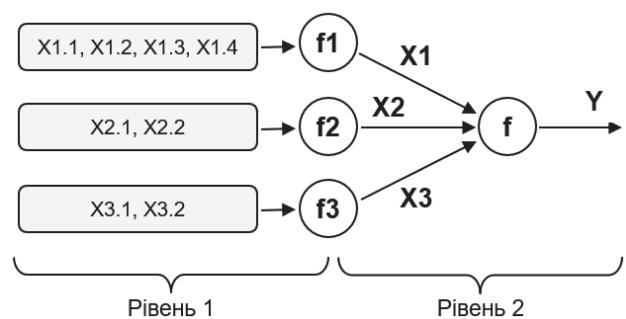


Рис. 3. Ієархічна система нечіткого виведення

терм-множинами. Процедура фазифікації переворює чисельні вхідні значення у вектор нечітких множин. Машина нечіткого логічного виведення на основі правил бази знань першого рівня визначає значення проміжних змінних X_1 , X_2 , X_3 у вигляді нечітких множин, що відповідають нечітким значенням вхідних змінних. Тож проміжним змінним X_1 , X_2 , X_3 не виконується процедура дефазифікації на виході першого рівня, і відповідно не виконується процедура фазифікації на вході другого рівня. Результат логічного виведення першого рівня напряму подається в машину логічного виведення другого рівня у вигляді нечітких множин.

Результат логічного виведення другого рівня після процедури дефазифікації ідентифікує категорію умов експлуатації на певному перегоні для певного транспортного засобу залежно від місяця року, дня тижня, години доби.

Висновки

Запропонована модель ідентифікації умов експлуатації міських пасажирських автобусів забезпечує автоматизоване визначення часу експлуатаціїожної транспортної одиниці в різних категоріях умов експлуатації. Характеристики умов експлуатації для кожного перегону мережі міста дають можливість індивідуального моніторингу транспортних засобів, враховуючи їхній розклад руху на різних маршрутах міста протягом певного періоду часу, а також пору року, дні тижня та години доби. Оперативна ідентифікація умов експлуатації автобусів є основою функціонування системи допомоги прийняття рішень щодо можливості та доцільності експлуатаціїожної окремої транспортної одиниці.

Література

1. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
2. Кукурудзяк Ю. Ю. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників автомобілів / Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту: наук. журнал. – Луганськ: СНУ ім. Володимира Даля. – 2012. – № 9 (180), Ч. 1. – С. 136–140.
3. Максимов В. А. Научные основы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы: Дис. ... док. техн. наук: 05.22.10. – М, 2000. – 435 с.
4. Прохоров В. Н. Научные основы управления эффективностью эксплуатации городских автобусов: Автoref. дис... д-ра. техн. наук. - Владимир: МАДИ, 2009. – 38 с.
5. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с.
6. Форнальчик Є. Ю. Експлуатаційна надійність автобусів міського громадського транспорту / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського: наук. журнал. – Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2016. – Випуск 1/2016 (96) – С. 91–96.
7. Штовба С. Д. Логічне виведення за єнергетичними гібридними нечіткими базами знань. Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції "Обчислювальний інтелект", Черкаси, Україна, 14–17 травня 2013 р.

References

1. Kuznetsov E. S. Tekhnicheskaiia ekspluatatsiya avtomobylei. – M.: Transport, 1991. – 413 s.
2. Kukurudziak Yu.Yu. Systema avtomatyzovanoho intelektualno-ekspluatatsiinoho monitorynju tekhnichnoho stanu ta ekspluatatsiinykh pokaznykiv avtomobiliv / Visnyk Skhidnoukrainskoho nats. un-tu: nauk. zhurnal. – Luhansk: SNU im. Volodymyra Dalia. – 2012. – № 9 (180), Ch. 1. – S. 136–140.
3. Maksymov V. A. Nauchnye osnovi povishenyia effektyvnosti yspolzovaniya horodskykh avtobusov sredstvamy ynzhenerno-tekhnycheskoi sluzhbi: Dys. ... dok. tekhn. nauk: 05.22.10. – M, 2000. – 435 s.
4. Prokhorov V. N. Nauchnie osnovi upravleniya effektyvnostyu ekspluatatsyy horodskykh avtobusov: Avtoref. dys... d-ra. tekhn. nauk. – Vladymyr: MADY, 2009. – 38 s.
5. Subbotin S.O. Podannia i obrobka znan u systemakh shtuchnogo intelektu ta pidtrymky pryiniattia rishen: Navchalnyi posibnyk.-Zaporizhzhia: ZNTU, 2008. – 341 s.
6. Fornalchyk Ye.Yu. Ekspluatatsiina nadiinist avtobusiv miskoho hromadskoho transportu / Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho: nauk. zhurnal. – Lviv: Natsionalnyi universytet "Lvivska politeknika", 2016. – Vypusk 1/2016 (96) – S. 91–96.
7. Shtovba S.D. Lohichne vyvedennia za yierarkhichnymy hibrydnymi nechitkymi bazamy znan. Materialy II Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii "Obchysliuvalnyi intelekt", Cherkasy, Ukraina, 14–17 travnia 2013 r.

© В. В. Рудзінський, докт. техн. наук, викладач кафедри "Автомобільний транспорт";
 © В. О. Ломакін, канд. техн. наук, викладач кафедри "Автомобільний транспорт", e-mail: rootsymbol@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8159-0166;
 © С. В. Мельничук, канд. техн. наук, завідувач кафедри "Автомобільний транспорт", e-mail: sergij.m@ukr.net;
 © Б. В. Ємець, канд. техн. наук, викладач кафедри "Автомобільний транспорт", e-mail: bogdan1199@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1015-8859
 (Житомирський агротехнічний фаховий коледж);
 © Я. С. Мельничук, магістрант
 (Державний університет "Житомирська політехніка")

© В. В. Рудзинский, докт. техн. наук, преподаватель кафедры "Автомобильный транспорт";
 © В. А. Ломакин, канд. техн. наук, преподаватель кафедры "Автомобильный транспорт", e-mail: rootsymbol@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8159-0166;
 © С. В. Мельничук, канд. техн. наук, заведующий кафедрой "Автомобильный транспорт", e-mail: sergij.m@ukr.net;
 © Б. В. Емец, канд. техн. наук, преподаватель кафедры "Автомобильный транспорт", e-mail: bogdan1199@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1015-8859
 (Житомирский агротехнический профессиональный колледж);
 © Я. С. Мельничук, магистрант
 (Государственный университет "Житомирская политехника")

© Volodymyr Rudzinskyi, Doctor of Technical Sciences, Teacher of Department of Automobile Transport;
 © Volodymyr Lomakin, Ph.D. in Engineering, Teacher of Department of Automobile Transport,
 e-mail: rootsymbol@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8159-0166;
 © Serhii Melnychuk, Ph.D. in Engineering, Head of Department of Automobile Transport, e-mail: sergij.m@ukr.net;
 © Bogdan Yemets, Ph.D. in Engineering, Teacher of Department of Automobile Transport, e-mail: bogdan1199@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1015-8859
 (Zhytomyr Agricultural Technical Professional College);
 © Jacov Melnychuk , Master's student (State University "Zhytomyrska Polytechnika")

ОЦІНКА ЯКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС РУХУ ЗАДАНИМ МАРШРУТОМ МІСТА

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЗАДАННЫМ МАРШРУТОМ ГОРОДА

QUALITY OF CAR'S MOVEMENT IN THE CITY BY CERTAIN ROUT

Анотація. Рух транспортних засобів у сучасних містах суттєво змінився за останні десятиліття, що породило надзвичайно багато нових викликів. Наявні транспортні мережі міст просто перевантажуються та не можуть ефективно функціонувати. В цій роботі проаналізовано рух транспортного засобу заданим маршрутом м. Житомира за критеріями швидкості та витрати палива. Okremо розглянуто питання варіативності даних, що характеризують недосконалість роботи вулично-дорожньої мережі та її перевантаження. Це призводить до зниження швидкості руху, збільшення витрати палива та токсичних викидів, що негативно впливає як на інфраструктуру міста, так і його екологію. Згідно із запропонованими виразами можна прогнозувати найефективніші режими руху містом. Встановлено, що найвпливовішою перешкодою на маршруті руху є інтенсивність руху та перенасиченість вулиць транспортними засобами.

Ключові слова: автомобіль, міський рух, індикатори перешкод, технічна швидкість, витрати палива на маршруті.

Аннотация. Движение транспортных средств в современных городах существенно изменилось за последние десятилетия, что породило очень много новых проблем. Существующие транспортные сети городов просто перегружаются и не могут эффективно работать. В данной работе проанализировано движение транспортного средства по заданному маршруту г. Житомира по критериям скорости и расхода топлива. Отдельно рассмотрены вопросы вариативности данных, характеризующих недосконалство работы существующей улично-дорожной сети и ее перегрузки. Это приводит к снижению скорости движения, увеличению расхода топлива и токсичных выбросов, что негативно влияет как на инфраструктуру города, так и его экологию. Согласно предложенным выражениям можно прогнозировать наиболее эффективные режимы движения по городу. Установлено, что наиболее влиятельным препятствием на маршруте движения является интенсивность движения и перенасыщенность улиц транспортными средствами.

Ключевые слова: автомобиль, городское движение, индикаторы помех, техническая скорость, расход топлива на маршруте.

Abstract. The movement of vehicles in modern cities has changed significantly in recent decades, which has created many new challenges. Existing urban transport networks are simply congested and unable to function effectively. This paper analyzes the movement of a motor vehicle

on a definite route in Zhytomyr city according to the criteria of speed and fuel consumption. Correlation dependences for experimental data and average speed in comparison with theoretical models are determined. The issue of data variability, which characterizes the imperfection of the existing road network and its congestion, is considered separately. This leads to lower speeds, increased fuel consumption and toxic emissions, which negatively affects both the city's infrastructure and its environment. According to the proposed expressions, we can predict the most efficient modes of urban traffic. It is established that the most influential obstacle on the route is traffic intensity and congested by vehicles streets.

Keywords: motor vehicle, city traffic, obstacle indicators, technical speed, fuel consumption on the route.

Постановка проблеми

Сучасні міста є надзвичайно складними транспортними системами з тенденціями до подальшого ускладнення.

Швидкість є одним із головних показників ефективності функціонування транспортних потоків із низкою ознак, що дозволяють її вважати універсальною характеристикою [1, 2].

На швидкість руху автомобіля в сучасному місті впливають надзвичайно багато факторів. Серед найвпливовіших можна виділити геометричні (поздовжні ухили дороги, радіуси кривих у плані, ширина дорожнього полотна, рівність/площинність дорожнього покриття тощо), метеорологічні умови та освітлення доріг у темний час доби, кількість та складність об'єктів інфраструктури (перехрестя (регульовані/нерегульовані), пішохідні переходи (регульовані/нерегульовані), повороти, залізничні переїзди тощо) [1-4].

Вплив вищезгаданих факторів на швидкість руху проявляється в умовах вільного руху транспортних засобів, тобто коли інтенсивність та щільність руху відносно невелика та інші транспортні засоби не надто обмежують рух один одного [3]. Але під час руху транспортних засобів в умовах підвищеної щільноти потоку вони створюють перешкоди для руху один одного, і фактична швидкість руху падає.

Аналіз основних джерел

Багато досліджень присвячено визначенню фактичної швидкості руху транспортного засобу як функції інтенсивності руху та інших факторів, що характеризують маршрут руху.

У роботі [4] дослідники методом кореляційного аналізу отримали таку залежність швидкості руху від факторів інфраструктури:

$$V=32,27-0,59\cdot X_1-2,78\cdot X_2-2,00\cdot X_3-0,86\cdot X_4 \quad (1)$$

де:

V – технічна швидкість;

X_1 – частота зупинок;

X_2 – частота світлофорів;

X_3 – частота пішохідних переходів;

X_4 – частота нерегульованих перехресть.

У роботі [3] запропонована залежність швидкості руху автомобіля від умов руху:

$$V=V_C(1-kN_d), \quad (2)$$

де:

V_C – швидкість вільного руху автомобіля на заданій ділянці руху, км/год;

k – кореляційний коефіцієнт зниження швидкості руху залежно від інтенсивності транспортного потоку.

У роботі [5] запропонована узагальнена емпірична залежність середньої швидкості транспортного потоку від інтенсивності руху:

$$V=V_0-\alpha N, \quad (3)$$

де

V_0 – середня швидкість окремих автомобілів на ділянці, де дорожні умови не впливають на швидкість руху, км/год;

N – інтенсивність руху в обох напрямках, авт/год;

α – коефіцієнт, що залежить від складу рухомого складу;

V – швидкість вільного руху автомобіля на заданій ділянці руху, км/год.

У роботах [6, 7] доведено, що швидкість руху транспортного потоку є інтегральним показником якості пересування.

З підвищенням кількості автомобілів та розвитком технологій для повноцінного аналізу транспортних потоків сучасних міст постає необхідність дистанційно моніторити не лише окремі вулиці, а й цілі міста та країни.

Моніторинг транспортних потоків міста є складним завданням, що потребує постійної уваги і впровадження нових методів та обладнання.

Мета і постановка завдання дослідження

Метою цього дослідження є оцінка якості переміщення окремим маршрутом м. Житомира.

Для досягнення заданої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Проаналізувати швидкість руху транспортного засобу на ділянці маршруту міста як інтег-

рального показника якості руху вулично-дорожньою мережею.

2. На основі методики [4] розрахувати технічну швидкість автомобіля на маршруті, враховуючи його специфіку.

3. Порівняти експериментальні та розрахункові дані швидкості руху.

4. Проаналізувати кількісні показники витрати палива та оцінити токсичні викиди на цьому ж маршруті.

Викладення основного матеріалу

Для проведення експериментальних досліджень було обрано маршрут, що проходить в одному напрямку від вулиці Б. Хмельницького до проспекту Незалежності вулицею Покровською та з'єднує околицю з центром міста Житомира. Цей маршрут є майже прямою ділянкою дороги з одним невеличким підйомом та поворотом. Уся протяжність маршруту є "головною дорогою". Маршрут має низку нерегульованих перехресть, регульованих та нерегульованих пішохідних переходів (рис. 1). Перешкоди, які містить цей маршрут, відображені в табл. 1.

Як видно з табл. 1, на цьому маршруті досить багато різноманітних перешкод, але деякі з них, такі як підйом, невеличкий поворот, нерегульовані перехрестя, майже не впливають на рух.

Експериментальні дані записували за допомогою OBD II логера протягом приблизно місяця в різний час, з використанням одного водія та легкового автомобіля В-класу Opel Astra g.

У результаті проведеного аналізу швидкості руху транспортного засобу на ділянці маршруту міста (рис. 2) встановлено, що середня швидкість руху дорівнює 16,9 км/год. Коефіцієнт варіації становить 36,1%, що характеризує швидкість руху містом як досить варіативний параметр. Ці значні зміни характеризуються насамперед значною зміною інтенсивності руху на маршруті. Окрім інші фактори просто не здатні впливати на швидкість руху так суттєво.

Для порівняння отриманих даних із теоретичними моделями визначимо теоретичне значен-

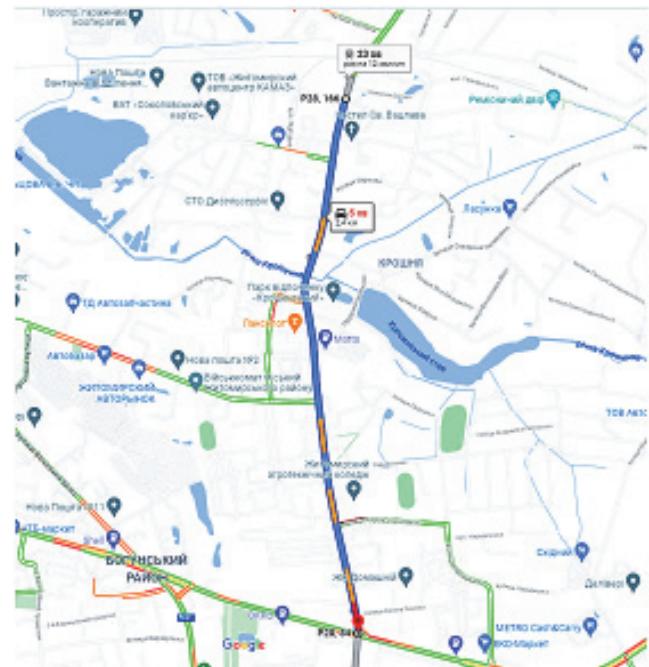


Рис. 1. Обраний маршрут у м. Житомирі

V, км/год

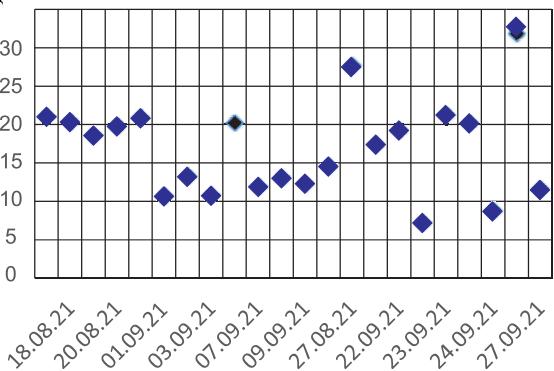


Рис. 2. Зміна швидкості руху на маршруті

ня згідно з моделлю (1), оскільки вона комплексно враховує перешкоди та ще й була розроблена для того ж міста.

Відповідно до методики, запропонованої в роботі [4], визначимо теоретично технічну швидкість залежно від факторів перешкод. Згідно з (1) маємо:

Таблиця 1

Перешкоди на маршруті

Світлофорні об'єкти	Нерегульовані пішохідні переходи	Нерегульовані перехрестя, зокрема Т-подібні	Підйоми	Повороти	Протяжність маршруту
6	6	12	1	1	2,3 км

$$V = 32.27 - 0.59x_0 - 2.78x_2.54 - 2x_2.54 - 0.86x_5.08 = 15,7 \text{ км/год} \quad (4)$$

Порівнюючи експериментальні дані з теоретично розрахованими, встановлено, що результати відрізняються на 7,1%. Така доволі неістотна розбіжність дає підстави вважати теоретичну модель і отриманий результат експериментальних досліджень значими [4].

Одним із ключових параметрів руху автомобіля містом є витрата палива, що безпосередньо пов'язана з токсичністю відпрацьованих газів та економічними параметрами поїздки.

Цей критерій регламентують автовиробники, використовуючи різноманітні цикли, наприклад WLTP, EPA, JC08 та інші. Саме визначення витрати палива в міському циклі та заміському циклі є одним з основних параметрів, що використовують для порівняння різних автомобілів.

Зрозуміло, що сучасні автомобілі є більш екологічними завдяки використанням сучасних систем (старт/стоп тощо) та відповідності більш жорстким екологічним нормам ("Євро-6"). Окрім слід згадати гібридні та електромобілі.

Але станом на 2021 р. середній вік автомобілів в Україні перевищує 20 років, що є надзвичайно великим показником. Тому дані порівняння витрати палива та часу роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу є досить актуальними, оскільки переважна більшість автомобілів у потоці працює таким самим чином. Дані про витрату палива та час роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу взято шляхом збереження інформації з OBD II протоколу автомобіля. Цей спосіб має певні недоліки та похибки, але загалом розраховані значення витрати палива технічно справним автомобілем є достовірними.

Залежність витрати палива від швидкості руху заданим маршрутом зображенено на рис. 3. Ці дані дуже добре описані різними регресійними моделями з коефіцієнтом $R^2 > 0.8$. Адже витрата палива сильно змінюється від швидкості руху автомобіля та режиму роботи двигуна, а ми аналізуємо інтегральні показники за маршрут. Логічним буде і припущення, що чим менше палива було використано, тим менше токсичних викидів у атмосферу здійснив автомобіль.

Згідно з технічними характеристиками автомобіля Opel Astra g витрата палива в різних умовах експлуатації наведена в табл. 2.

Враховуючи експериментальні дані (рис. 3), побудуємо залежність витрати палива в л/100 км для обраного маршруту, що зображенено на рис. 4.

Таблиця 2

Експлуатаційні показники автомобіля

Витрата палива, л/100 км (міський цикл)	9,7
Витрата палива, л/100 км (заміський цикл)	5,8
Витрата палива, л/100 км (змішаний цикл)	7,2

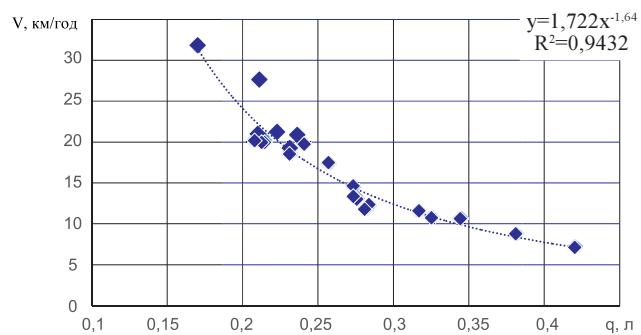


Рис. 3. Зміна витрати палива на маршруті

Аналізуючи дані, наведені на рис. 4, визначаємо, що середня витрата палива становить 11,2 л/100 км, за нормативного значення 9,7 л/100 км (табл. 2), що більше на 15,5%. Водночас коефіцієнт варіації становить 23,3%, що характеризує витрату палива як менш варіативний параметр.

Окремо звертаємо увагу, що максимальні викиди монооксиду вуглецю (CO) для бензинового двигуна припадають саме на режим ялового (холостого) ходу, хоча автомобіль і обладнано каталітичним нейтралізатором відпрацьованих газів, що покращує ситуацію. Проте максимальні концентрації викидів монооксиду вуглецю здійснюються саме в режимі ялового (холостого) ходу, в якому автомобіль працює довше в умовах міського руху зі зниженням середньої швидкості.

Залежність часу роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу, що пропорційна викидам

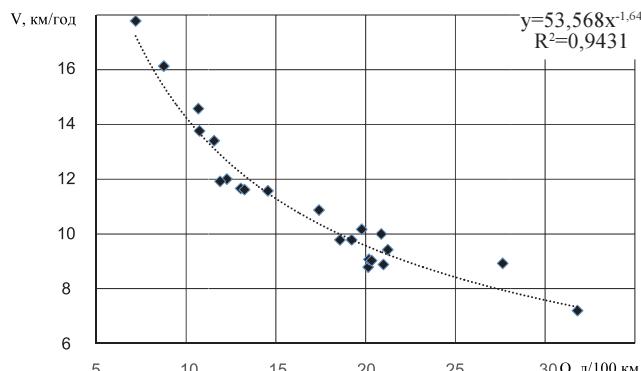


Рис. 4. Витрата палива на маршруті

монооксиду вуглецю, від швидкості руху за заданим маршрутом зображенено на **рис. 5.**

З графіка **рис. 5** видно, що середній час роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу від швидкості руху становить 267,3 с, із коефіцієнтом варіації 65%, що вказує на величезну варіативність цього параметру. Для бензинового двигуна це пропорційна кількість викидів монооксиду вуглецю. Внаслідок того, що в місті під час подолання одного і того ж маршруту, більш ніж у 13 разів може зростати кількість шкідливих викидів, швидкість транспортного засобу є одним з основних критеріїв оптимізації вулично-дорожньої мережі. Отже, оптимізація вулично-дорожньої мережі міст є пріоритетним завданням.

Залежність часу роботи двигуна внутрішнього згоряння від швидкості руху за заданим маршрутом (**рис. 5**) дуже добре корелює з коефіцієнтом $R^2 > 0.77$.

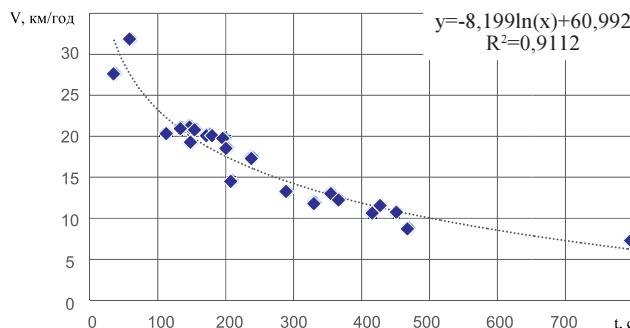


Рис. 5. Час роботи автомобіля в режимі ялового (холостого) ходу

Враховуючи те, що максимальна допустима швидкість руху на цьому маршруті становить 50 км/год, крім однієї непротяжної ділянки, де обмеження становить 40 км/год, можна зробити висновок, що основним обмежувальним фактором є інтенсивність руху, оскільки найнижчі показники швидкості були зафіксовані саме в години пік.

Зведемо всі залежності швидкості від витрати палива та часу роботи в режимі ялового (холостого ходу) в **табл. 3.**

Висновки

1. Проаналізовано зміну швидкості руху автомобіля заданим маршрутом у м. Житомирі. Визначено, що розбіжність між розрахованою теоретично технічною швидкістю та отриманою експериментально становить 7,1%.

2. Встановлено залежності витрати палива та часу роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу, які якісно характеризують зміну кількості шкідливих викидів під час руху заданим маршрутом.

Література

1. Васильев А. П., Фримштейн М. И. Управление движением на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1979. – 296 с.
2. Лобашов, А. О. Определение скорости движения транспортных потоках в городах / А. О. Лобашов, Д. Л. Бурко // Научно-технический сборник №69. – Харьков, 2006. – С. 202–205.
3. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
4. Маяк М. М. До питання визначення технічної швидкості міського маршрутного автобусу в залежності від умов його експлуатації / М. М. Маяк, С. В. Мельничук, Р. М. Головня, С. П. Чуйко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2018. – № 1. – С. 58–65.
5. Бабков В. Ф., Хендель Г. Р. Принципы проектирования реконструкции автомобильных дорог // Труды МАДИ. Вып. 100. – М.: МАДИ, 1976. – С. 5–33.
6. Тимоховец В. Д. Совершенствование методов дистанционного мониторинга транспортных потоков для проектирования улично-дорожной сети крупных городов: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Тимоховец В. Д. – Омск, 2020 – 133.
7. Бурлуцкий А. А. Обеспечение эффективности функционирования дорожной сети крупного города на основе учета ее взаимодействия с потоками пассажирского транспорта (на примере г. Томска): дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Бурлуцкий А. А. – Томск, 2015 – 196.

References

1. Vasilyev, A.P., Frimshteyn, M. I. Upravleniye dvizheniyem na avtomobilnykh dorogakh. – M.: Transport, 1979. – 296 s.
2. Lobashov, A.O. Opryedyeleniye skorosti dvizheniya transportnykh potokakh v gorodakh / A.O. Lobashov, D.L. Burko // Nauchno-tekhnicheskiy sbornik №69. – Kharkov, 2006. – C. 202–205.

Таблиця 3

Залежності технічної швидкості від витрати палива та часу роботи в режимі х.х.

Фактор	Вигляд залежності	Коефіцієнт R^2
Витрата палива за поїздку, л	$V=1.722X^{1.64}$	0,94
Витрата палива, л/100 км	$V=53.568X^{0.575}$	0,94
Час роботи двигуна в режимі ялового (холостого) ходу, с	$V=-8.199 \ln(X)+60.992$	0,91

3. Klinkovshtein, G.I., Afanasyev, M.B. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya. – 5-e izd., pyteryerab. i dop. – M.: Transport, 2001. – 247 s.
4. Mayak, M. M. Do pytannya vyznachennya tekhnichnoyi shvydkosti mis'koho marshrutnoho avtobusu v zalezhnosti vid umov yoho ekspluatatsiyi / M. M. Mayak, S. V. Mel'nychuk, R. M. Holovnya, S. P. Chuyko // Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. – 2018. – # 1. – S. 58–65.
5. Babkov, V.F., Khendel G.R. Printsypy proektirovaniya rekonstruktsii avtomobilnykh dorog // Trudy MADI. Vyp. 100. – M.: MADI, 1976. – S. 5–33.
6. Timokhovets, V. D. Sovyshchenstvovaniye myetodov distantsionnogo monitoringa transportnykh potokov dlya proektirovaniya ulichno-dorozhnoy sety krupnykh gorodov: dis. na poluchyeniye styeypenyi kand. tekhn. nauk / Timokhovets V. D. – Omsk, 2020 – 133.
7. Burlutskiy, A. A. Obyespyechnyyi effektivnosti funktsionirovaniya dorozhnoy seti krupnogo goroda na osnovyye uchyeta yevo vzaimodyeystviya s potokami passazhirskogo transporta (na primerye g. Tomsk): dys. na poluchyeniye styeypenyi kand. tekhn. nauk / Burlutskiy A. A. – Tomsk, 2015 – 196.

УДК 656.025.4

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-4-268-50-55

© М. О. Афонін, канд. техн. наук,
доцент кафедри транспортних
технологій,
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-5850-7478;
© Т. М. Постранський, канд. техн. наук,
доцент кафедри транспортних
технологій,
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-6120-9914
(Національний університет "Львівська
політехніка")

© М. А. Афонин, канд. техн. наук,
доцент кафедры транспортных
технологий,
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-5850-7478;
© Т. М. Постранский, канд. техн. наук,
доцент кафедры транспортных
технологий,
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-6120-9914
(Национальный университет
"Львовская политехника")

© Maksym Afonin, Ph.D., Associate
Professor of Transport Technologies
Department,
e-mail: maksym.o.afonin@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-5850-7478;
© Taras Postranskyy, Ph.D., Associate
Professor of Transport Technologies
Department,
e-mail: taras.m.postranskyi@lpnu.ua,
ORCID: 0000-0001-6120-9914
(Lviv Polytechnic National University)

МОДЕЛЮВАННЯ ПОРЕЙСОВИХ ВИТРАТ НА ПАЛЬНЕ З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ ЧИННИКІВ ТА ЧАСТКИ ПРОБІГУ ЗА КОРДОНОМ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРЕЙСОВЫХ РАСХОДОВ НА ТОПЛИВО С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ ФАКТОРОВ И ДОЛИ ПРОБЕГА ЗА ГРАНИЦЕЙ

MODELLING OF TRIP FUEL CONSUMPTION OUTGOINGS CONSIDERING SEASONAL FACTORS AND ABROAD MILEAGE QUOTE

Анотація. Стаття присвячена вивчення актуального питання обліку і прогнозування параметрів міжнародних автомобільних перевезень. У роботі проведений статистичний аналіз великого масиву даних щодо виконання рейсів автомобілями автотранспортного підприємства (м. Львів) до країн Балтії. Визначено основні чинники, які впливають на витрату пального під час виконання таких корпорейсів. Встановлено залежність між наднормативною витратою палива та сезонними чинниками. Визначено залежність зміни витрати пального від частки пробігу за кордоном. Побудовано математичну модель визначення пореїсових витрат на пальне з урахуванням сезонних чинників та частки пробігу за кордоном.

Ключові слова: міжнародні перевезення, витрати пального, сезонні чинники, частка пробігу за кордоном, пореїсові витрати.

Аннотация. Стаття посвящена изученню актуального вопроса учета и прогнозирования параметров международных автомобильных перевозок. В работе проведен статистический анализ большого массива данных по выполнению рейсов автомобилями автотранспортного предприятия (г. Львов) в страны Балтии. Определены основные факторы, влияющие на расход топлива при выполнении таких кругорейсов. Установлена зависимость между сверхнормативным расходом топлива и сезонными факторами. Определена зависимость изменения расхода горючего от доли пробега за границей. Построена математическая модель определения порейсовых затрат на топливо с учетом сезонных факторов и доли пробега за границей.

Ключевые слова: международные перевозки, расход горючего, сезонные факторы, доля пробега за границей, порейсовые расходы.

Abstract. The article is devoted to the study of the topical issue of international road transport accounting and forecasting, namely the definition of not the variability of the international transport market, but specifically the impact of seasonal factors on the freight companies direct costs. In the process of reviewing the literature, the technical factors of truck's linear fuel consumption are considered and generalized. Although, they were not considered separately.

The statistical analysis of the operational indicators obtained as a result of motor transport enterprise cargo operations (Lviv) to the Baltic States, is carried out in the work. The main factors that affect fuel consumption during such round trips are identified. The relationship between unregulated fuel consumption and seasonal factors has been established. The dependence of the change in fuel consumption on the share of mileage abroad is determined. A mathematical model for determining the fuel travel costs has been built. It considered seasonal factors and the share of mileage abroad.

Obtained research results illustrate the interdependencies between the main trip indicators, which are meant by statistical processing of a large array of data. The article is relevant because it considers the possibility of modeling the costs of the trucking company to operate trips, taking into account changes in fuel consumption and the share of mileage abroad.

The authors of the article reveal the issue of actual fuel overconsumption at different times of the year, considering seasonal correction factors. The obtained model of changing truck company operating costs, taking into account seasonal factors, allows engineers and managers to more accurately plan and forecast the process of international freight.

Keywords: international transportation, fuel consumption, seasonal factors, share of mileage abroad, travel expenses.

Вступ

Управління міжнародними перевезеннями вимагає від менеджменту середньої тавищої ланки здійснення додаткових заходів організаційного характеру, які повинні базуватися на статистичних даних. Якщо підприємство здійснює більш ніж десять колорейсів на місяць в одному напрямку, необхідно проводити детальну аналітику всіх експлуатаційних показників виконання цих рейсів. Особлива потреба в цьому виникає тоді, коли напрямок перевезень за замовленнями є стабільним протягом понад одного року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що основна стаття витрат у здійсненні міжнародних вантажних автомобільних перевезень – це витрати на пальне. З технічної точки зору, яка стосується особливостей рухомого складу та режимів його експлуатації, проведено великий обсяг досліджень і випробувань [1-2]. Okрім цього, в Україні є чинним нормативний документ "Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорти" [3], відповідно до якого розраховують нормативну витрату палива із застосуванням лінійної норми витрати палива, встановленої для кожного конкретного автомобіля, та коефіцієнтів її коригування, проте за результатами аналізу масиву виконаних рейсів стає можливим визначення додаткових чинників, які впливають на фактичну витрату палива [4]. Прогнозовані витрати на паливо для виконання міжнародних рейсів є важливим аспектом у плануванні перевезень [5]. Цей

чинник не є однаково значимим для різних автопідприємств, оскільки закупівля пального для виконання стандартних рейсів в одному напрямку та у великій кількості зазвичай передбачає наявність постійного постачальника дизельного палива у країнах транзиту чи призначення.

Постановка проблеми. Ринок міжнародних автомобільних перевезень для українських вантажоперевізників є досить мінливим. Основними чинниками, які впливають на ціноутворення і наповнення пропозицій, є курс валюти, сезон, ціни на пальне та регуляторна політика відповідних органів. Останній чинник зазвичай є досить відчутним в останній місяці кожного року.

У таких умовах прогнозувати будь-які показники діяльності підприємства досить складно, проте багато процесів є циклічними, що дає зможу відслідковувати і кількісно оцінювати вплив сезонних чинників на експлуатаційні витрати автотранспортних підприємств.

Мета роботи. Провести статистичний аналіз показників перевезень, які здійснюються автотранспортним підприємством у певному стабільному напрямку та сформувати модель експлуатаційних витрат з урахуванням сезонних чинників.

Базові положення дослідження. Для досягнення поставленої мети дослідження необхідно проаналізувати понад 200 виконаних рейсів в одному напрямку, який є пріоритетним для розроблення статистичної моделі. До уваги взяті повністю виконані колорейси до Латвії, Литви та Естонії автомобілями однієї марки з подібним за-

вантаженням – 20-22 т. Для аналізу необхідно провести збір таких даних, як загальний пробіг рейсу, загальні витрати пального, тариф на перевезення, перевитрата палива за рейс, частка пробігу за кордоном та операційний прибуток.

Основна частина

Транспортне підприємство здійснює перевезення різноманітної продукції, проте без використання спеціалізованого рухомого складу, лише тентованими напівпричепами. Основним напрямком перевезення є країни Балтії, оскільки цей керунок вигідний своєю собівартістю, відносно високими ставками, мінімальним часом доставлення та малими витратами в дорозі. Тому постало завдання для організації перевезень на постійній основі, щоб забезпечити роботою підприємство на довготривалий час. Це потребує виконання 30 та більше колорейсів за місяць. Перший етап полягає у проведенні статистичного аналізу експлуатаційних показників перевезень та оцінці взаємозв'язків між ними. Наступний етап – створення математичної моделі визначення експлуатаційних витрат.

Застосовані методи. Для збору даних щодо операційної діяльності підприємства для здійснення перевезень у напрямку країн Балтії використано бази даних MS SQL. Для оцінки взаємозв'язків між експлуатаційними показниками виконаних рейсів застосовано методи кореляційного аналізу. Модель експлуатаційних витрат автомобільного підприємства побудована методом множинної регресії.

Проміжні результати. За результатами спостережень проведено оцінку зв'язків між основними техніко-економічними показниками, які по-

тенційно можуть бути застосованими в математичній моделі. На **рис. 1** наведено кореляційні поля, які відображають взаємозв'язок між витратами палива, часткою пробігу за кордоном, довжиною колорейсів, вартістю виконаного рейсу та чистим прибутком.

Відповідно до результатів, які наведено на **рис. 1**, можна зробити такі висновки:

- відсоток пробігу за кордоном прямо залежить від вартості, відстані та чистого прибутку та є обернено пропорційним до витрат пального;

- тариф на перевезення є прямо пропорційним до відстані, чистого прибутку і частки пробігу за кордоном, обернено пропорційним до витрати палива;

- щодо витрат палива спостерігаємо сильний обернений зв'язок із такими показниками, як частка пробігу за кордоном та відстань, слабший зв'язок – із такими показниками, як вартість та чистий прибуток;

- чистий прибуток прямо залежить від таких показників, як частка пробігу за кордоном, відстань і тариф. Також наявна обернена пропорційність до показника витрати палива.

Основні результати. Вплив сезонності на експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства виражений насамперед у витратах пального, оскільки вони не є постійними. Для більшої достовірності результатів проаналізовані дані з автомобілів Volvo FH12 та Renault Magnum truck, які відповідають екологічним нормам "Євро-5". Також варто зазначити, що значення витрати та перевитрати пального у цих автомобілів є досить подібними і не відрізняються більше ніж на 3-5%, наприклад, річна перевитрата пального автомобілів Volvo становить 1210 л дизельного палива, а для Renault – 1178 л. На **рис. 2** наведено зміну перевитрат пального цих автомобілів поза місячною нормативною витратою за виконані рейси протягом року.

Варто зазначити, що для адекватності результатів на цьому етапі обробляли лише ті рейси, дальність яких становила від 3300 до 3600 км. Від'ємні значення на діаграмі свідчать про те, що за виконаний рейс автомобіль витратив пального менше, ніж було розраховано інженерами автопідприємства вже з урахуванням коефіцієнтів коригування. Варто зазначити, що до уваги брали тільки пробіги з вантажем.

Також проведені дослідження зміни величин витрат пального залежно від частки пробігу за кордоном (**рис. 3**).

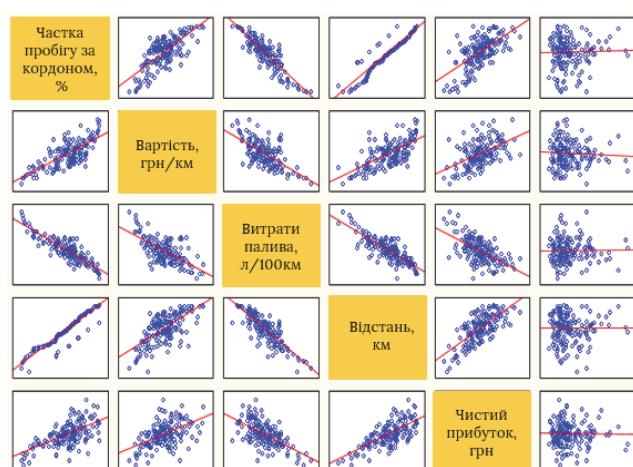


Рис. 1. Матрична діаграма розсіювання техніко-економічних показників автопідприємства

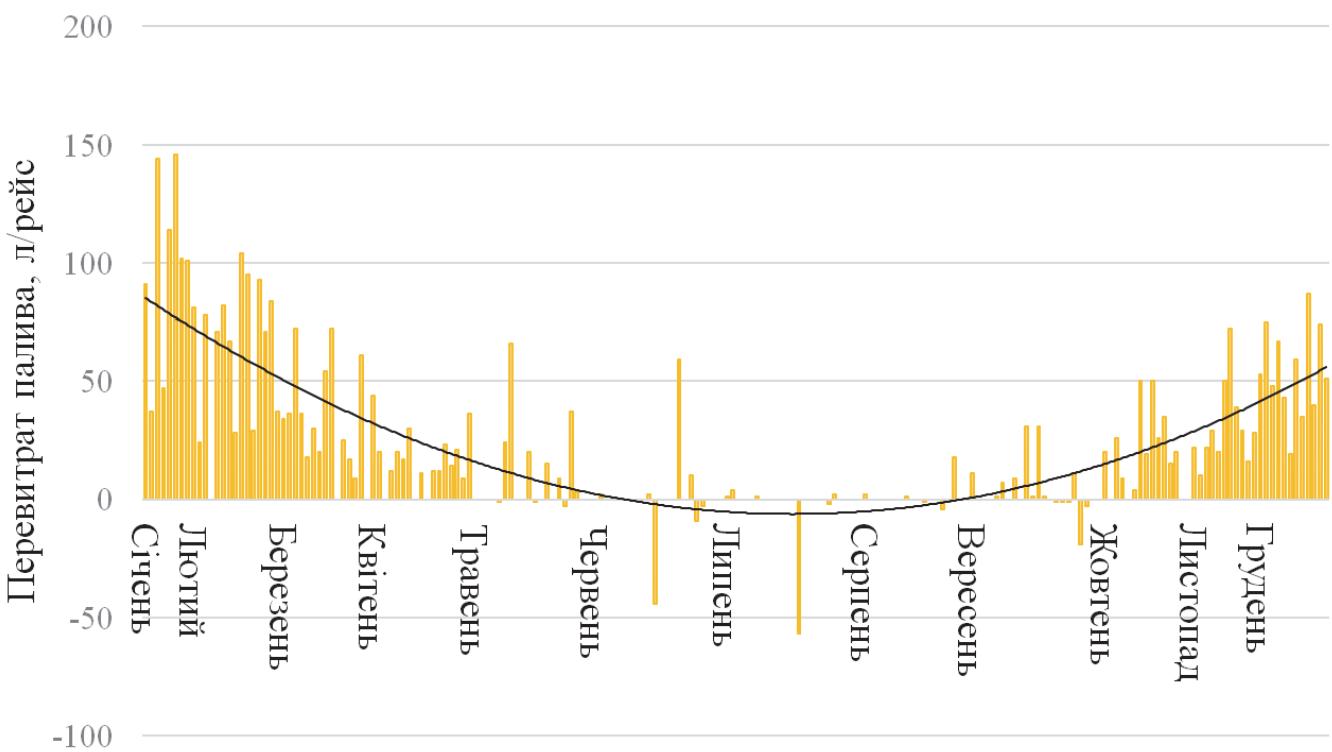


Рис. 2. Перевитрати пального за виконаними рейсами у країні Балтії автомобілями Volvo FH12 та Renault Magnum mach протягом року

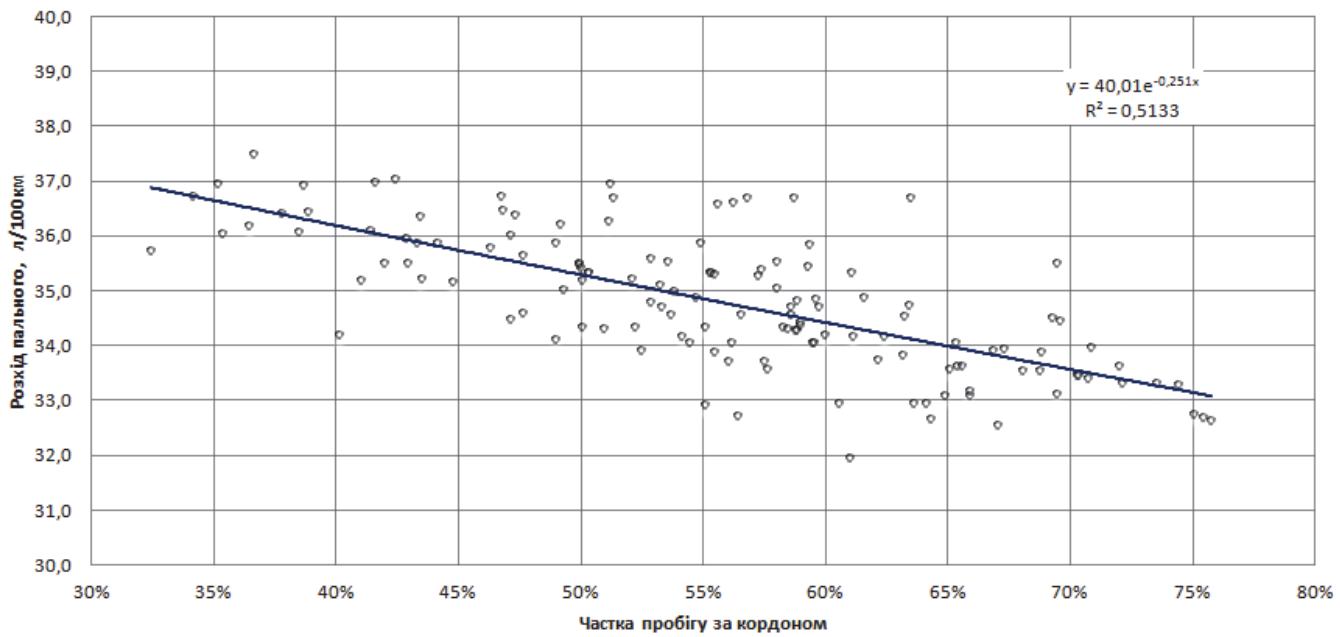


Рис. 3. Залежність зміни витрат пального від частки пробігу за кордоном (із вантажем)

Аналіз попередніх результатів показує на те, що в моделюванні експлуатаційних витрат на виконання рейсів, окрім постійних непрямих витрат підприємства, витрат на зарплату та відрядження водіям та нормованих витрат на швидкозно-

шувані (витратні) матеріали і запасні частини, необхідно враховувати не лише лінійну витрату палива з урахуванням коефіцієнтів коригування, але й реальне відхилення від цієї норми. Також до чинників, які визначають величину витрат для

виконання рейсів, варто віднести частку пробігу автомобіля за кордоном, оскільки якість пального та прозорість самого процесу заправки у країнах Європи може суттєво впливати на витрату пального.

На основі багатофакторного регресійного аналізу отримано математичну модель визначення витрат на пальне залежно від сезонних чинників та частки пробігу за кордоном:

$$C_{n.c.} = C_{pozr} \cdot C_{\pi} + L \cdot C_{\pi} (k_c + k_u), \quad (1)$$

де:

C_{pozr} – сума розрахункової нормативної витрати пального на колорейс;

C_{π} – середньозважена вартість 1 л пального;

L – загальна довжина колорейсу;

k_c – коефіцієнт, який відображає вплив сезонних чинників на понаднормативну витрату пального;

k_u – коефіцієнт, який відображає вплив частки пробігу за кордоном на понаднормативну витрату пального.

Величини коефіцієнтів, які відображають вплив сезонності та частки пробігу за кордоном, є емпіричними (наведені у **табл. 1**), а їхні значення залежать від розрахункових параметрів колорейсів:

Слід наголосити, що отримана модель та її коефіцієнти мають сенс свого застосування лише в площині обмежень, сформованих напрямком перевезень – країни Балтії, довжиною колорейсів – 3300–3600 км, а також максимальною і мінімальною частками пробігу за кордоном.

Також важливим моментом є визначення вартості 1 л пального, оскільки вона має бути середньозваженою відповідно до частки пробігу за кордоном. Розрахункову нормативну витрату пального на колорейс визначають інженери автопідприємства і розраховують відповідно до [3] із застосуванням лінійної норми витрати палива,

встановленої для кожного конкретного автомобіля, норми на виконання транспортної роботи з урахуванням завантаження та коефіцієнтів коригування.

Висновки

Попередні результати досліджень показують, що до прогнозування транспортних процесів, які апріорі дуже важко йому піддаються, необхідно підходити з точки зору збирання даних за відносно стабільний період, але не менш ніж за рік спостережень. Варто зазначити, що моделювання витрат для кращого фінансового планування на майбутнє рекомендовано проводити за наявності стабільного напрямку стосовно замовлень та перспективи щодо їхнього збільшення. Цю кількість самостійно може визначати керівництво автопідприємства, але очевидно, що ця цифра має бути не меншою за 25–30 колорейсів на місяць.

Проведено дослідження взаємозв'язків між техніко-економічними показниками виконання рейсів до країн Балтії. Регресійний аналіз показує на наявність взаємозв'язків між витратами палива, часткою пробігу за кордоном, довжиною колорейсів, вартістю виконаного рейсу та чистим прибутком. Коефіцієнти кореляції для цих величин становлять 0,59–0,72.

Проаналізовано виконані рейси протягом кінця 2020 року та початку-середини 2021 року і встановлено, що реальні значення перевитрати пального від закладених нормами для певного сезону можуть відрізнятися в межах 70–120 л за рейс довжиною 3300–3600 км. Це спонукає до введення коефіцієнтів, які можуть бути використані в моделі визначення експлуатаційних витрат на виконання рейсів окремо від значення нормативної витрати палива для певного періоду року.

Отримано залежність витрати палива від частки пробігу за кордоном. Відповідно до емпіричних даних, рейси, які передбачають 50 і більше відсотків руху за межами України, є більш

Таблиця 1

Емпіричні значення коефіцієнтів регресійної моделі для розрахункових параметрів колорейсів

Сезон перевезень	k_c	Частка пробігу за кордоном	k_u
Зимовий	0,0179	20-40%	0,0125
Весняний	0,0141	40-50%	0,0093
Літній	0	50-60%	0,0063
Осінній	0,0089	60-80%	0,0029

економними у плані витрати палива, що можна пояснити кращою якістю пального. Цей чинник обов'язково повинен бути врахованим у моделюванні експлуатаційних витрат автотранспортного підприємства, якщо мова йде про міжнародні перевезення.

Література

1. Крайник Л. В., Грубель М. Г. Багатофакторне нормування витрат палива автомобілів в реальній експлуатації. – Х.: Автомобільний транспорт. Збірник наукових праць ХНАДУ. – Вип. 21. – 2007. – С. 43–48
2. Діденко О. О., Юфест Г.Н. Нормування витрати пального та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. – К.: Техніка, 1970. – 269 с.
3. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text>.
4. Дослідження факторів впливу на загальні витрати виконання оборотного рейсу у міжнародному сполученні з використанням математичної теорії експерименту / В. П. Сахно, С. М. Шарай, І. С. Муріваний, В. М. Поляков. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2021. Том 1. №16 – С. 159–167.
5. Бондарев, С. І. Проблеми визначення вартості витрат палива на міжнародних автомобільних перевезеннях / С. І. Бондарев // Автомобільний транспорт зб. наук. пр. – 2016. – Вип. 39. – С. 116–119.

References

1. Krainyk, L. V., Hrubel, M. H. (2007). Bahatofaktorne normuvannia vytrat palyva avtomobiliv v realniy ekspluatatsiyi [Multifactor rationing of car fuel consumption in real operation]. Avtomobilnyi transport [Road transport], Volume 21, 43–48 (in Ukrainian).
2. Didenko, O. O., Yufest, H. N. (1970). Normuvannia vytraty palnoho ta mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti [Standardization of fuel and lubricant consumption in road transport]. Kyiv: Tekhnika (in Ukrainian).
3. Normy vytrat palyva i mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti [Consumption rates of fuel and lubricants in road transport]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98#Text> (in Ukrainian).
4. Sakhno, V. P., Sharay, S. M., Murovany, I. S., Polyakov, V. M. (2021). Doslidzhennia faktoriv vplyvu na zahalni vytraty vykonannia oborotnoho reisu u mizhnarodnomu spoluchenni z vykorystanniam matematichnoyi teorii eksperimentu [Investigations of influence factors on the total costs for conducting turnaround haul in international transportation with using mathematical theory of experiment]. Modern technologies in mechanical engineering and transport. [Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti], Volume 1, Issue 16, 159–167 (in Ukrainian).
5. Bondariev, S. I. (2016). Problemy vyznachennia vartosti vytrat palyva na mizhnarodnykh avtomobilnykh perevezenniakh [Problems of determining the fuel cost for international road transportation]. Avtomobilnyi transport [Road transport], Volume 39, 116–119. (in Ukrainian).

**ЦЕНТР ЗАОЧНОГО ТА ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

ЗАПРОШУЄ НА НАВЧАННЯ

ДЛЯ ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА ТА МАГІСТРА

МИ ПРОПОНОУЄМО:

- здобуття освіти за 20 спеціальностями та 40 освітніми програмами;
- можливість навчання за кошти державного бюджету;
- використання сучасних інформаційних технологій в навчанні;
- працевлаштування на підприємствах та установах транспортного та дорожнього комплексу.

КОНТАКТИ:

Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. С-147
Телефон: +380 (44) 280-99-51
WEB-сайт: zdn.ntu.edu.ua
E-mail: czdn@ntu.edu.ua
Приймальна комісія НТУ: +380 (44) 280-54-09



© А. А. Лісовал, докт. техн. наук, професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки, e-mail: li-dvz@ibigmir.net, ORCID: 0000-0001-6168-4010 (Національний транспортний університет)

© А. А. Лісовал, докт. техн. наук, професор, професор кафедри двигателей и теплотехники, e-mail: li-dvz@ibigmir.net, ORCID: 0000-0001-6168-4010 (Национальный транспортный университет)

© Anatolii Lisoval, Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor of Department of Engines and Thermal Engineering, e-mail: li-dvz@ibigmir.net, ORCID: 0000-0001-6168-4010 (National Transport University)

ЗАСТОСУВАННЯ СУМІШЕЙ БІОГАЗУ З МЕТАНОМ У ГАЗОВОМУ ДВИГУНІ

ПРИМЕНЕНИЕ СМЕСЕЙ БИОГАЗА С МЕТАНОМ В ГАЗОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

USE OF BIO-GAS AND METAN MIXTURES IN A GAS ENGINE

Анотація. Виконано аналіз наукових робіт у напрямі створення в Україні газових двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), які працюють на природному газі, біогазі. Спростити трудомісткість експериментальних робіт можна за допомогою модельного газу - суміші природного і вуглеводневого газів. Були проведені дослідження на газоелектричній установці з номінальною потужністю 30 кВт. Узагальнено результати досліджень застосування модельного газу в газовому ДВЗ, що працює на привід електростанції, розроблено рекомендації щодо добавок біогазу до природного газу залежно від навантаження електростанції для створення алгоритму управління подачею газового палива.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, газовий поршневий двигун, метан, модельний газ, регулювання складу газового палива.

Аннотация. Выполнен анализ научных работ по разработке в Украине газовых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые работают на природном газе, биогазе. Уменьшить трудоемкость экспериментальных работ можно применением модельного газа - смеси природного и углеводневого газов. Были выполнены исследования на газоэлектрической установке с номинальной мощностью 30 кВт. Обобщены результаты исследований по применению модельного газа в газовом ДВС, который работает на привод электростанции, разработаны рекомендации по добавкам биогаза к природному газу в зависимости от нагрузки на электростанцию для создания алгоритма управления подачей газового топлива.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газовый поршневой двигатель, метан, модельный газ, регулирование состава газового топлива.

Abstract. The analysis of scientific works in the field of development in Ukraine of gas-powered internal combustion engines operating on natural gas and biogas has been made. It is possible to simplify the labor intensity of experimental works by using a model gas - a mixture of natural and carbon dioxide gases. Researches were carried out on a gas-electric unit with a rated power of 30 kW. It is summarized the results of the research on the use of model gas in a gas combustion engine that operates for the power unit drive, it is developed recommendations on the addition of biogas to natural gas depending on the power unit load with the purpose to create an algorithm for controlling the supply of gas fuel.

Keywords: internal combustion engine, gas piston engine, methane, model gas, gas composition regulation.

Вступ

Застосування малих електростанцій на місцевому регіональному рівні постійно набуває поширення. Лідерами в процесах розвитку малої енергетики є європейські країни. Внесок малих електростанцій у виробництво електричної і теплової енергії поступово зростає [1]. І це не просто електростанції, а когенераційні установки.

Найпоширенішим джерелом для вироблення енергії в таких когенераційних установках є дизель, а зараз конкуренцію йому складають газові двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ).

У сучасних когенераційних установках на основі поршневих двигунів коефіцієнт використання теплоти від згорання палива може досягати 85...90% [2, 3]. Економія палива за вироблення

енергії може досягати 40% порівняно з роздільним виробництвом аналогічної кількості електроенергії та теплової енергії (наприклад, у котельні) [3].

Актуальним питанням для України є застосування мобільних енергетичних установок із генерацією електричної, теплової енергії, а влітку і холоду. Споживачами таких енергоустановок є агропромислові та житлово-комунальні комплекси, державна служба з надзвичайних ситуацій, автотранспортні та оборонні підприємства тощо. На установках з величинами потужності 3...300 кВт найчастіше як урухомник електрогенератора застосовують автомобільні ДВЗ. Такі ДВЗ конвертують для роботи на газових паливах і обладнують когенераційним контуром і електрогенератором, або ще абсорбційним термічним трансформатором для полігенерації (для перетворення тепла в холод) [4].

У когенераційних установках використовують альтернативні газові палива. До їх числа в Україні насамперед відносять біогаз і шахтний газ. У газових двигунах можна застосовувати суміші природного газу (метану) і біогазу.

Використання біогазу як моторного палива відоме давно. Виробництво біогазу – результат хімічного процесу метанового бродіння у спеціальних хімічних реакторах або розкладання органічних відходів на сміттєвих полігонах. Залежно від природи сировини склад біогазу різний, і відповідно калорійність палива буде теж різною. Вважають, що біогаз – це низькокалорійне паливо, що має у своєму складі такі компоненти: 50...80% метану, 25...50% вуглекислого газу, 1...5% водню і 0,3...3% азоту [5].

Застосування біогазу як моторного палива, безумовно, розширює асортимент газових палив. Однак використання низькокалорійного газового палива можливе тільки за умови певної концентрації в ньому горючої (метанової) складової або примусового збільшення кількості горючих компонентів – "збагаченні". Виконувати такі умови повинна автоматична система регулювання подачі газового палива.

Основна частина

Аналіз попередніх досліджень газових ДВЗ та їхніх систем

Співробітники кафедри двигунів і теплотехніки НТУ та Інституту газу НАН України (ІГ НАНУ) з 2000 року працюють над створенням і дослідженням когенераційних установок з потужністю урухомника до 200 кВт і систем автоматичного регулювання для таких установок. В

НТУ розроблено методику розрахунку когенераційного обладнання на основі теорії теплового балансу поршневого ДВЗ [6]. В ІГ НАНУ накопичений великий досвід зі створення когенераційних установок і газових двигунів, систем автоматики для їхньої роботи. Крім вітчизняних автомобільних двигунів, була здійснена конвертація транспортних дизелів MAN, Perkins, Doosan у газові ДВЗ.

Виконано аналіз наукових публікацій за останні 10 років у напрямі створення в Україні газових ДВЗ, які працюють на природному газі, біогазі або подібних низькокалорійних паливах.

У лабораторії Харківського національного автомобільно-дорожнього університету автомобільний дизель 6Ч13/14 конвертовано в сучасний газовий двигун. Для роботи на природному газі ступінь стиснення зменшено до 11,8 одиниць, розроблено систему запалювання з більш інтенсивним іскроутворенням. Стендові випробування підтвердили стійку роботу газового ДВЗ на збіднених сумішах за $\alpha = 1,4 \dots 1,6$. Запропоновано систему подачі газу з електронним управлінням, апробовано методику визначення витрати газового палива [7].

У Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" проведено комплексні теоретичні та експериментальні дослідження із застосування низькокалорійного газу в газових ДВЗ, конвертованих із транспортних дизелів моделі Д100. Автори робіт розглядали можливість використання таких конвертованих двигунів як урухомник електростанцій потужністю 1100...2500 кВт [8]. Основною особливістю конвертації є застосування форкамерно-факельного процесу згорання газового палива. Цей процес згорання газових палив нині застосовують провідні моторобудівні фірми. Для забезпечення номінальної потужності авторами запропоновані конструктивні заходи, які збільшують циклову подачу низькокалорійного палива – шахтного газу.

Найбільш близькими до тематики досліджень є результати випробувань добавки синтез-газу до бензину та етанолу, проведених у Національному університеті кораблебудування ім. Макарова [9, 10]. Теоретичні та експериментальні дослідження здійснені в широкому діапазоні складу суміші $\alpha = 1,0 \dots 2,2$ за різних кількісних добавок синтез-газу. Виконано дослідження робочого процесу, токсичності викидів відпрацьованих газів. Стендові випробування проведені на автомобільних двигунах 2Ч7.2/6 і 4Ч10.16/9.1 з іскро-

вим запалюванням. Авторами встановлено, що до основного палива можна додавати до 65 % синтез-газу. Однак зазначимо, що фізико-хімічні властивості синтез-газу близкі до нафтового газу (пропан-бутану).

В Інституті проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАНУ було виконано теоретичні дослідження із застосуванням біогазу як добавки до природного газу в поршневих ДВЗ [11]. Автори роботи за дослідженнями робочого процесу газового ДВЗ прогнозують не тільки енергетичні, паливно-економічні показники, але і токсичність за компонентами відпрацьованих газів транспортного дизеля, конвертованого в газовий ДВЗ за різного процентного співвідношення метан-біогаз.

Спростити трудомісткість експериментальних робіт можна за допомогою модельного газу – суміші природного і вуглевислого газів. Дослідники в роботі [1] моделювали біогаз, змішуючи природний і вуглевислий. За умови збільшення частки CO_2 в модельному газі зменшується концентрація викидів NOx у відпрацьованих газах. Зі збільшенням частки CO_2 в модельному газі до 30 % і далі зростає концентрація викидів CO . Подальше зростання CO_2 в модельному газі до 40 % призводить до збільшення викидів вуглеводнів у відпрацьованих газах ДВЗ.

Мета роботи – узагальнити результати проведених досліджень застосування модельного газу в газовому ДВЗ, що працює на урухомлення електростанції, і розробити рекомендації щодо добавок біогазу до природного газу залежно від навантаження електростанції для створення алгоритму управління подачею газового палива.

Методика, обладнання та результати експериментальних досліджень із застосуванням модельного газу

Для вирішення поставлених завдань раніше в ІГ НАНУ були проведені дослідження на газоелектричній установці з номінальною потужністю 30 кВт. Спочатку ця установка була оснащена автомобільним бензиновим двигуном 8Ч10/8.8 з іскровим запалюванням і електрогенератором. Базовий ДВЗ було конвертовано в сучасний газовий двигун ($\varepsilon = 8,5$).

Система подачі газового палива має дві основні складові: лінію подачі безпосередньо газового палива та аварійний відсічний контур. В аварійному відсічному контурі встановлений електромагнітний клапан, який спрацьовує за наяв-

ності надлишкового тиску в лінії подачі газово-го палива. За відсутності газового палива автоматично перекривається вся загальна газова магістраль до двигуна. Загальний вигляд розробленої системи дозування газового палива показано на рис. 1.



Рис. 1. Фото системи дозування газового палива з мікропроцесорним блоком управління

Регулювання і дозування газоповітряної суміші здійснюється в спеціальному газовому змішувачі за допомогою дросельної заслінки. При від дросельної заслінки газового змішувача забезпечує електромеханічний виконавчий орган StG 2010-SV (крайній лівий вузол на рис. 1) із мікропроцесорним управлінням від блоку Pandaros фірми HEINZMANN. Схему розробленої системи дозування газового палива на основі вузлів фірми HEINZMANN показано на рис. 2.

Регулювання кількості газоповітряної суміші здійснюється за допомогою дросельної заслінки

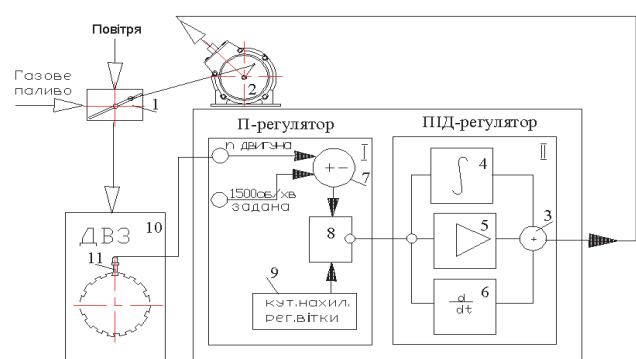


Рис. 2. Схема системи дозування газового палива:
1 – дросельна заслінка; 2 – виконавчий орган; 3 – суматор ПД-регулятора; 4-6 – інтегральна, пропорційна, диференціальна складові ПД-регулятора; 7-9 – програмні блоки; 10 – двигун; 11 – індуктивний датчик.

1, яка встановлена у газовому змішувачі. Урухомник дросельної заслінки газового змішувача з'єднаний із виконавчим органом 2 поворотним електромагнітом зі зворотним зв'язком за положенням вихідного вала. Виконавчий орган 2 отримує сигнали управління від мікропроцесорного блоку Pandaros.

Мікропроцесорний блок має дві функціональні складові: пропорційний регулятор частоти обертання колінчастого вала газового ДВЗ з програмними блоками 7-9 для порівняння фактичної частоти обертання із заданою; ПІД-регулятор виконавчого органу 2 з інтегральною 5 пропорційною 6 і диференціальною 7 складовими.

Після попереднього очищення в газовий змішувач надходить атмосферне повітря і газове паливо з редуктора (клапана) нульового тиску. Цей редуктор стабілізує тиск газового палива на вході в газовий змішувач. Для змішування природного і вуглексилого газів, тобто для створення модельного газу, було доопрацьовано конструкцію камери редуктора нульового тиску.

Для фізичного моделювання суміші біогазу з природним газом під час утворення модельного газу збільшували об'ємну частку вуглексилого газу до 30 % зі зменшенням зовнішнього навантаження. Розрахунковим шляхом визначали аналогічне співвідношення стиснутого природного газу (СПГ) і добавки біогазу. Для розрахунку прийняли, що в СПГ міститься 90,5% метану, а в біогазі – 60% метану і 40% вуглексилого газу.

За умови збільшення в модельному газі об'ємної частки вуглексилого газу понад 34% в установлених режимах роботи спостерігали погіршення процесу згорання, що було зафіксовано за індикацією циліндра ДВЗ.

Пропорційний регулятор блоку Pandaros у період випробувань підтримував частоту обертання колінчастого вала газового двигуна зі ступенем нерівномірності 0,3%, що відповідає коливанням частоти електричного струму в межах 50-50,15 Гц. Критеріями налаштування ПІД-регулятора були: стійкість роботи газового ДВЗ; мінімальна тривалість переходного процесу і не більше одного перерегулювання за "миттевого" скидання/накидання 100% зовнішнього навантаження. Зовнішнє навантаження створювалося реостатами. Під час роботи з модельним газом налаштування регулятора не змінювали.

У табл. 1 наведено результати стендових випробувань застосування модельного газу в газовому двигуні 8Ч10/8.8, що працює на урухомлення електрогенератора. Розрахункові величини в

табл. 1 можна розглядати як рекомендації щодо можливих добавок біогазу до СПГ в газовому ДВЗ електростанції малої потужності.

Таблиця 1
Рекомендації щодо добавки біогазу в газовий ДВЗ електростанції

Зовнішнє навантаження, %	Співвідношення СПГ / Біогаз	Вміст метану в суміші, %
0...10	15 / 85	63...66
10...40	25 / 75	66...72
40...70	40 / 60	72...78
70...90	65 / 35	78...83
90...100	80 / 20	83...90
100...110	100 / 0	90...95

Результати досліджень є основою для створення алгоритму управління подачею суміші біогазу і природного газу залежно від зміни навантаження.

Рекомендації щодо контролю налаштувань газової апаратури в умовах експлуатації

Крім індикування робочого процесу і досліджень переходних режимів проведено газовий аналіз відпрацьованих газів за різних навантажень. Газовий аналіз проводили із забором проб відпрацьованих газів до каталітичного нейтралізатора і після нього. Такі дослідження виконані і під час роботи газового ДВЗ на СПГ, і роботи на модельному газі. Концентрації шкідливих речовин визначалися в лабораторії ДП "ДержавтотрансНДІпроект". Попередньо проби відпрацьованих газів відібрані у спеціальні термічні мішки.

Результати газового аналізу відпрацьованих газів у процесі роботи на модельному газі представлени у статті частково – лише потрібні для контролю в умовах експлуатації правильного налаштування газового обладнання двигуна.

Для підтвердження правильності налаштування газового обладнання вибрано три експлуатаційні режими електростанції: яловий (холостий) хід, 50% навантаження, номінальний режим.

Значення концентрацій СО у відпрацьованих газах були дуже маленькі, а значення CO₂ змінювалися за налаштування на незначну величину.

Встановлено, що найбільш інформативними і доступними для застосування в умовах експлу-

атації є значення концентрацій вуглеводнів та залишкового кисню у відпрацьованих газах, визначені до каталітичного нейтралізатора.

Рекомендовані значення концентрацій вуглеводнів і O_2 для перевірки налаштувань газової апаратури в умовах роботи з добавками біогазу до СПГ наведено в **табл. 2 і 3**.

Таблиця 2

Концентрації вуглеводнів у відпрацьованих газах ДВЗ в умовах роботи з добавками біогазу до СПГ

Режим роботи електростанції	Вуглеводні, млн ⁻¹	
	за гексас-ном	за мета-ном
яловий (холостий) хід	до 2400	до 1500
50% навантаження	до 1800	до 1400
номінальний режим	до 2400	до 2000

Таблиця 3

Концентрації O_2 і NO_x у відпрацьованих газах ДВЗ в умовах роботи з добавками біогазу до СПГ

Режим роботи електростанції	O_2 , %	NO_x , млн ⁻¹
яловий (холостий) хід	4...5	до 15
50% навантаження	4...8	до 450
номінальний режим	2...4	до 1000

Наведені в **табл. 3** значення викидів NO_x теж можна використовувати для контролю налаштування газової апаратури, але для цього необхідним є відповідний газоаналізатор для визначення концентрацій NO_x .

Висновки

1. Аналіз публікацій показав необхідність прийняття в Україні регламентів на склад і ступінь очищення біогазу. Такі стандарти діють у країнах ЄС. У Норвегії і Данії вироблений біогаз очищають до вмісту 95% метану і, за необхідності, подають у загальну транспортну магістраль природного газу.

2. Проведено стендові дослідження газового двигуна на модельному газі. Підтверджено можливість застосування в поршневих ДВЗ з іскривим запалюванням біогазу зі вмістом 60% метану як добавки до природного газу. Зі зменшен-

ням навантаження частка біогазу може збільшуватися і заміщувати до 85% природного газу.

3. У процесі роботи на добавках біогазу визначені значення концентрацій вуглеводнів та залишкового кисню у відпрацьованих газах для контролю налаштувань газового обладнання ДВЗ в умовах експлуатації. Для електростанцій вибрано три режими перевірки: яловий (холостий) хід, 50% навантаження, номінальний режим.

4. Узагальнені результати дослідження застосування модельного газу в ДВЗ дозволяють продовжити роботи з удосконалення автоматичної системи подачі сумішевого газового палива.

Література

- Клименко В. Н., Мазур А. И., Сабашук П. П. Когенерационные системы с тепловыми двигателями. Справочное пособие. Часть 1. Общие вопросы когенерационных технологий – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины. – 2008. – 559 с.
- Першин С. А. Оптимизация параметров когенерационной установки // Новый университет: серия "Технические науки". – 2016. – №. 5–6. – С. 77–90.
- Разуваев А. В. Целесообразность применения систем утилизации тепла ДВС // Турбины и дизели. – 2010. – №. 1. – С. 48–50.
- Вербовський В. С., Грицук І. В., Адрів Д. С., Краснокутська З. І. Особливості передпускового прогріву стаціонарного газового двигуна з використанням теплового акумулятора з фазовим переходом // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2014. – №2. – С. 85–90.
- Девягин С. Н., Чумаков В. Л., Марков В. А. Биогаз – альтернативное топливо для дизелей // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 2 (26). – С. 68–73.
- Долганов К. Є., Лісовал А. А., П'ятничко О. І., Майфет Ю. П. Система живлення для переобладнання дизеля в газовий двигун // Вісник НТУ-ТАУ. – 2002. – Вип. №7. – С. 295 – 299.
- Врублевський А. Н., Дзюбенко А. А., Липинський М. С., Кузьменко А. П., Подлящук С. О. Определение цикловой подачи газового топлива с электронным управлением топливоподачи // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2014. – №2. – С. 33–37.
- Марченко А. П., Осетров О. О., Кравченко С. С. Забезпечення номінальної потужності стаціонарного газового двигуна при використанні низькоекалорійних газових палив // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2015. – №1. – С. 15–33.
- Тимошевский Б. Г., Ткач М. Р., Познанский А. С., Митрофанов А. С., Прокурин А. Ю. Характеристики процесса сгорания двигателя 2Ч7,2/6 с добавками до 65 % синтез-газа к бензину // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2015. – №1. – С. 33–37.
- Ткач М. Р., Тимошевський Б. Г., Митрофанов О. С., Познанський А. С., Прокурін А. Ю. Підвищення ефективності ДВЗ малотоннажних суден застосуванням добавок синтез-газу // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2018. – №2. – С. 3–6. DOI: 10.20998/0419-8719.2018.2.01.
- Бганцев В. М., Левтеров А. М., Гладкова Н. Ю. Розрахункове визначення впливу складу біогазу на характеристики транспортного двигуна // Двигуни внутрішнього згоряння. – 2018. – №1. – С. 7 – 14. DOI: 10.20998/0419-8719.2018.1.02.

References

- Klimenko, V. N., Mazur, A. I., Sabashuk, P. P. (2008), "Kogeneratsionnye sistemy s teplovymi dvigatelyami.

- Spravochnoye posobiye. Chast' 1. Obshchiye voprosy kogeneratsionnykh tekhnologiy", "IPTS ALKON NAN Ukrayn", Kiev, 559 p.
2. Pershin, S. A. (2016), "Optimizatsiya paramyetrov kogeneratsionnoy ustanovki", New University: a series of "technical sciences". No.5–6, pp. 77–90.
3. Razuvayev, A. V. (2010), "Tselyesoobraznost' primenyeniya sistemy utilizatsii tyepla DVS", Turbines and diesel engines. No.1, pp. 48–50.
4. Verbovskyy, V. S., Hrytsuk, I. V., Adrov, D. S., Krasnokutska, Z. I. (2014), "Osoblyvosti peredpuskovoho prohriwu statsionarnoho hazovooho dvyhuna z vykorystannym teplovoho akumulyatora z fazovym perekhodom", Internal combustion engines. No.2, pp. 85–90.
5. Devyanin, S. N., Chumakov, V. L., Markov, V. A. (2012), "Biogaz – al'tyernativnoye toplivo dlya dizyeley", Transport on alternative fuel. No.2 (26), pp.68–73.
6. Dolganov, K. Ye., Lisoval, A. A., Pyatnychko, O. I., Mayfet Yu. P. (2002), "Systema zhyvleniya dlya pereobladannya dyzelya v hazovy dvyhun", Bulletin of NTU-TAU. Vol. 7, pp. 295–299.
7. Vrublevsky, A. N., Dzyubenko, A. A., Lipinsky, M. S., Kuzmenko, A. P., Podlyashchuk, S.O. (2014), "Opredeleniye tsyklovoy podachi gazovoho topliva s elektronnym upravlyeniem toplivopodachi, Internal combustion engines". No.2, pp. 33–37.
8. Marchenko, A. P., Osetrov, O. O., Kravchenko, S.S. (2015), "Zabezpechennya nominal'noyi potuzhnosti statsionarnoho hazovooho dvyhuna pry vykorystanni nyz'kokaloriynykh hazovykh palyv", Internal combustion engines. No.1, pp. 15–33.
9. Timoshhevskiy, B. G., Tkach, M. R., Poznyanskiy, A. S., Mitrofanov, A. S., Proskurin, A. Yu. (2015), "Characteristics of the combustion process of a 2CH7.2/6 engine with additives up to 65 % synthesis gas to gasoline", ["Kharaktyeristiki protsyessa sgoraniya dvigatelya 2CH7.2/6 s dobavkami do 65 % sintez-gaza k benzinu"], Internal combustion engines. No.1, pp. 33–37.
10. Tkach, M. R., Timoshevsky, B. G., Mitrofanov, A. S., Poznansky, A. S., Proskurin, A. Yu. (2018), "Pidvyshchenna efektyvnosti DVZ malotonnazhnykh suden zastosuvannyam dobavok syntez-hazu", Internal combustion engines. No.2, pp. 3–6. DOI: 10.20998/0419-87192018.2.01.
11. Bgantsev, V. M., Levterov, A. M., Gladkova, N. Yu. (2018), "Rozrakhunkove vyznachennya vplyvu skladu biohazu na kharakterystyky transportnoho dvyhuna", Internal combustion engines. No.1, pp. 7–14. DOI: 10.20998/0419-87192018.1.02.

ЗАПРОШУЄМО НА НАВЧАННЯ ДО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО УНІВЕРСИТЕТУ - НТУ
(колишнього Київського автомобільно-дорожнього інституту - КАДІ).

Ми таємо інженерів з транспортних технологій, інженерів-механіків, інженерів-будівельників, інженерів-технологів, інженерів-проектувальників, геодезистів, фінансистів, обліковців, опішовачів майна, менеджерів, економістів, філологів, туризмознавців, юристів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 це давні традиції, славна історія, висококваліфікований професорсько-викладацький склад, передові методи викладання, сучасна лабораторійна база.

ЯКЩО ТИ ПРАГНЕШЬ:
 отримати класичну систему інженерних знань;
 здобути корисну, престижну та пікаву спеціальність;
 навчатися в самому центрі столиці – на мальовничих відгородах київського Петровська.

ТОДІ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ –
 ЦЕ ТВІЙ ВИБІР!

Зроби крок у своє майбутнє!
 На тебе чекають:

*Новий!
 Технології!
 Спілки!!!*

Адреса приймальної комісії: 01010 Україна, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка (Суворова), 1, к. 1196
 Телефон: +38 (044) 280-54-09
www.ntu.edu.ua
 E-mail: pkntu@ntu.edu.ua

© О. Ф. Волков, канд. техн. наук, доцент, завідувач відділу нормативного забезпечення та управління якістю ВЦ (ВЗЯ), e-mail: ovolkov@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4863-3643;
 © Н. О. Науменко, заступник завідувача ВЗЯ, e-mail: nnaumenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-3856-2645 (ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут")

© А. Ф. Волков, канд. техн. наук, доцент, заведуючий отделом нормативного обсягування та управління якістю ВЦ (ООК), e-mail: ovolkov@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4863-3643;
 © Н. О. Науменко, заміситель заведуючого ООК, e-mail: nnaumenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-3856-2645 (ГП "Государственный автотранспортный научно-исследовательский и проектный институт")

© Oleksandr Volkov, Ph.D., Associate Professor, Head of Department of Regulatory Support and Quality Management of TC (DSQ), e-mail: ovolkov@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4863-3643;
 © Nila Naumenko, Deputy Head DSQ, e-mail: nnaumenko@insat.org.ua, ORCID: 0000-0002-3856-2645 (State Enterprise "State Road Transport Research Institute")

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ З УРАХУВАННЯМ РЕКОМЕНДАЦІЙ ILAC-G8:09/2019

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ РЕКОМЕНДАЦИЙ ILAC-G8:09/2019

METHOD OF CALCULATING UNCERTAINTY OF MEASUREMENT TAKING INTO ACCOUNT RECOMMENDATIONS ILAC-G8:09/2019

Анотація. Розроблено методику і програмний продукт для розрахунку непевності вимірювання, а також правила прийняття органами з оцінки відповідності рішень і висновків щодо відповідності об'єктів оцінки відповідності вимогам, регламентованим нормативними документами, що дозволяє органам з оцінки відповідності проводити необхідні розрахунки невизначеності вимірювання та усувати проблемні питання, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог нормативних документів.

Ключові слова: непевність вимірювання, стандартна, сумарна, розширенна невизначеності, розрахунок, правило прийняття рішення.

Аннотация. Разработана методика и программный продукт для расчета неопределенности измерения, а также правила принятия органами по оценке соответствия решений и выводов относительно соответствия объектов оценки требованиям, регламентированным нормативными документами, что позволяет органам по оценке соответствия проводить необходимые расчеты неопределенности измерения и устранять проблемные вопросы, возникающие при оценке соответствия вследствие разногласий требований нормативных документов.

Ключевые слова: неопределенность измерения, стандартная, суммарная, расширенная неопределенности, расчет, правило принятия решения.

Abstract. It is developed a methodology and software product for calculating measurement uncertainty, as well as rules for conformity assessment bodies on making decisions and conclusions concerning compliance of conformity assessment objects with the requirements stated by the regulation, which enables the conformity assessment bodies to perform necessary calculations of measurement uncertainty and eliminate problematic issues which arise during the conformity assessment due to disparity in the requirements of regulatory documents.

Keywords: measuring uncertainty, standard vagueness, total vagueness, extended vagueness, calculation, decision-making rule.

Вступ

У роботі проаналізовано проблеми суттєвих розбіжностей між вимогами нормативних документів (далі – НД), які регламентують діяльність органів з оцінки відповідності (далі – ООВ), та рекомендаціями ILAC-G8:09/2019 щодо правил прийняття ООВ рішень з урахуванням невизначеності (непевності) вимірювання (далі – НВ) засобами вимірювальної техніки (далі – ЗВТ) та випробувальним устаткованням із вимірювальними функціями (далі – ВУ), а також розглянуто на прикладі ООВ ДП "ДержавтотрансНДІпроект" застосування розроблених авторським колективом методики і програмного продукту для розрахунку НВ та правил прийняття ООВ рішень і висновків щодо відповідності об'єктів оцінки відповідності вимогам, регламентованим НД, що дозволяє ООВ проводити необхідні розрахунки НВ та усувати проблемні питання, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог НД.

Постановка проблеми

Випробувальний центр колісних транспортних засобів ДП "ДержавтотрансНДІпроект" (далі – ВЦ КТЗ) є нотифікованою за "Угодою про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів" технічною службою України (Е46/В), діяльність якого у частині вимог до акредитації ООВ регламентує ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1].

Діяльність Органу з інспектування ДП "ДержавтотрансНДІпроект" (далі – ІО) у частині вимог до акредитації ООВ регламентує акредитованого згідно з вимогами ДСТУ EN ISO/IEC 17020 [2]. Для національних стандартів [1, 2] далі застосовано скорочення **НДа**.

Для НД з вимогами до методів випробовування/інспектування колісних транспортних засобів, їхніх складових частин та обладнання (далі – КТЗ) зі сфер акредитації ВЦ КТЗ/ІО [3...8] і ще понад 100 Правил ООН, Директив та Регламентів ЄС, інших технічних регламентів та національних стандартів (ДСТУ) далі застосовано скорочення **НДв**.

Для НД, які визначають вимоги до точності вимірювання [9...15] із використанням ЗВТ/ВУ, далі застосовано скорочення **НДн**.

Проблема полягає в тому, що НДа, НДв та НДн мають значних відмінностей вимог до не-

певності вимірювання (похиби/невизначеності), а НДа та НДв взагалі не містять вимог та рекомендацій щодо оцінювання НВ. Усі ці НД, окрім ILAC-G8:09/2019 [16], не містять вимог та рекомендацій щодо опрацювання із замовником можливих правил прийняття рішень для вибору одного з них, визначення рівня ризику, пов'язаного з висновком щодо відповідності об'єкта оцінювання. Певні відмінності вимог зазначених НД проаналізовано нижче.

Метою роботи є:

– аналізування розбіжностей між вимогами НД (НДа, НДв та НДн), які регламентують діяльність ООВ, та рекомендаціями ILAC-G8:09/2019 стосовно правил прийняття ООВ рішень щодо відповідності об'єктів оцінювання з урахуванням НВ, отриманих із використанням ЗВТ/ВУ;

– розроблення методики розрахунку НВ та правил прийняття ООВ рішень і висновків щодо відповідності об'єкта оцінки відповідності вимогам, регламентованим НД, що дозволяє ООВ проводити необхідні розрахунки НВ та ризику прийняття хибного рішення;

– на основі вище зазначеної методики розроблення вдосконаленого програмного продукту для практичного розрахунку НВ за недостатності вхідної інформації для кожного із 5 встановлених у методиці видів правил прийняття рішень щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД та розрахунку ризику прийняття ООВ хибного рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання за обраним замовником правилом прийняття рішення;

– усунення проблемних питань, які виникають під час оцінки відповідності внаслідок розбіжностей вимог НД, завдяки запровадженню розроблених авторським колективом методики розрахунку НВ, правил прийняття ООВ рішень щодо відповідності об'єкта оцінки відповідності, а також удосконаленого програмного продукту для практичного розрахунку НВ та ризику прийняття ООВ хибного рішення.

Основна частина

1. Правила прийняття рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання

1.1 ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1] у пункті 3.7 визначає правило прийняття рішення як "правило, що описує, як ураховують непевність вимірювань, роблячи висновок щодо відповідності установленим вимогам", пункт 7.1.3 вимагає: "Правило прийняття рішення повинно бути чітко визначене, повідомлене та узгоджене із замовни-

ком", а пункт 7.8.6.1 – "Коли надають висновок щодо відповідності, необхідно задокументувати застосоване правило прийняття рішення, що враховує рівень ризику".

1.2. Інші НДа, НДв, НДн, окрім ILAC-G8:09/2019 [16], взагалі не згадують правила прийняття рішення та не містять можливих видів правил прийняття рішень і ризиків, пов'язаних із висновком щодо відповідності об'єктів оцінювання.

1.3. Однак ILAC-G8:09/2019 [16] містить лише три види правил прийняття рішення з урахуванням НВ із рекомендаціями щодо визначення та встановлення запобіжних інтервалів для двох видів цих правил і визначає ризик, що ґрунтуються на вимірюванні одного об'єкта як конкретний (Specific Risk), деякі величини якого надані в табличній формі, але відсутня методика розрахунку конкретного ризику для реального одноразового вимірювання.

1.4. До розробленої авторським колективом методики, призначеної для ВЦ КТЗ/ІО, включено, враховуючи рекомендації ILAC-G8:09/2019, п'ять видів правил прийняття рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання, яким надані порядкові номери, та передбачено для кожного з цих видів розрахунок конкретного ризику прийняття ОOB хибного рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД (див. 4).

1.5. ПРАВИЛО 1. Просте, бінарне правило (просте прийняття).

ILAC-G8:09/2019 не містить цього правила, але постійно застосовується у діяльності ВЦ КТЗ/ІО як складова цієї методики.

За одноразового чи кількаразового вимірювання (відповідно до вимог, установлених у відповідному НД на метод випробовування/інспектування) виміряну величину зазначають у тих самих одиницях, що й межу прийнятності (граничне нормативне значення, встановлене у цьому НД), непевність вимірів – похибкою ЗВТ/ВУ, ризик прийняття хибного рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання не визначають, але за потреби, наприклад на вимогу замовника, може бути розрахований за методикою ВЦ КТЗ/ІО, а висновки щодо відповідності/невідповідності об'єкта оцінювання в такому разі надаватимуть так:

"Відповідає" – виміряне значення перебуває в межах прийнятності;

"Не відповідає" – виміряне значення перебуває поза межами прийнятності.

1.6. ПРАВИЛО 2. Бінарне правило з НВ, обчисленою за методикою ВЦ КТЗ/ІО.

ILAC-G8:09/2019 не містить цього правила, але за потреби, наприклад, на вимогу замовни-

ка, може бути застосована, оскільки методика ВЦ КТЗ/ІО забезпечує таку можливість.

Відрізняється від Правила 1 тим, що за одноразового вимірювання за методикою ВЦ КТЗ/ІО непевність вимірів розраховують і подають як НВ (див. 3) та ризик прийняття хибного рішення обчислюють і подають як конкретний ризик (див. 4.2).

1.7. ПРАВИЛО 3. Бінарне правило з НВ, обчисленою згідно з НДн.

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ILAC-G8:09/2019 (приклад 1), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні $< 50\%$, а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик розраховують (див. 4.3). Висновки щодо відповідності бінарні – "Відповідає", "Не відповідає".

1.8. ПРАВИЛО 4. Небінарне правило з НВ згідно з НДн і запобіжним інтервалом U ,

де: U – розширення невизначеності вимірів, обчислено згідно з НДн (див. 3.7).

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ILAC-G8:09/2019 (приклад 2), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні $< 2,5\%$, а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик із запобіжним інтервалом U розраховують (див. 4.4).

Висновки щодо відповідності багаторівантні – "Відповідає", "Умовно відповідає", "Умовно не відповідає", "Не відповідає".

1.9. ПРАВИЛО 5. Бінарне правило з НВ згідно з НДн і запобіжним інтервалом W

де: W – запобіжний інтервал, обчислений за формулою ILAC-G8:09/2019 (приклад 3).

Особливості прийняття та застосування цього правила викладені в ILAC-G8:09/2019 (приклад 3), де ризик прийняття хибного рішення прийнято на рівні $? 2,0\%$, а за методикою ВЦ КТЗ/ІО конкретний ризик із запобіжним інтервалом W розраховують (див. 4.5).

Висновки щодо відповідності бінарні – "Відповідає", "Не відповідає".

2. Процедура узгодження із замовником правила прийняття рішення

2.1. НДа, НДв та НДн взагалі не містять посилень на правила прийняття рішення щодо відповідності об'єктів оцінювання та на процедуру його узгодження із замовником, лише у пункті 7.1.3 [1] зазначена вимога: "Правило прийняття рішення повинно бути чітко визначено, повідомлене та узгоджене із замовником".

2.2. На виконання вимог пункту 7.1.3 ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [1], згідно з рекомендаціями ILAC-G8:09/2019 [4], у ВЦ КТЗ/ІО замовників інформують оголошеннями (див. рис.1), які розміщені на сайті підприємства та у приміщеннях будівлі підприємства.

ПРАВИЛА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ

Випробувальний центр колісних транспортних засобів (далі – ВЦ) та Орган з інспектування (далі – ІО) ДП "ДержавтотрансНДІпроект" працюють у законодавчо регульованій сфері. Нормативні документи на методи випробування чи інспектування об'єктів (далі – НД), що зазначені у сферах акредитації ВЦ та ІО, не мають окремих розділів щодо правил прийняття рішення.

Враховуючи рекомендації ILAC-G8:09/2019, у ВЦ та ІО застосовують **просте (бінарне) правило прийняття рішення** і висновків щодо відповідності об'єктів вимогам, встановленим у НД, а саме вимірювану величину зазначають у тих самих одиницях, що й межу прийнятності (граничне нормативне значення, встановлене у відповідному НД), а висновки щодо відповідності надають так:

"Відповідає" – вимірюне значення перебуває в межах прийнятності;

"Не відповідає" – вимірюне значення перебуває поза межами прийнятності.

На вимогу замовника може бути обрано **правило прийняття рішення з розрахунком непевності (невизначеності) вимірювання** (далі – **правило НВ**).

У такому разі замовник має опрацювати з підрозділом, який надає йому послугу, питання щодо:

- вибору та узгодження **правила НВ**;
- підписання та оплати договору, у який буде внесено вказане замовником **правило НВ**.

Примітка. У разі застосування **правила НВ** стандартну вартість робіт буде збільшено згідно з нормами, які діють у ДП "ДержавтотрансНДІпроект".

Рис. 1. Оголошення щодо правил прийняття рішення для замовників ВЦ КТЗ/ІО

2.3. Далі у ВЦ КТЗ/ІО діють за такою процедурою:

а) замовників ознайомлюють із записом, наприклад, "З простим (бінарним) правилом прийняття рішення (відповідає/не відповідає) означений і згоден з його застосуванням" або "З непростим правилом прийняття рішення (відповідає/умовно відповідає/умовно не відповідає/не відповідає) із запобіжним інтервалом у розраховану розширену невизначеність вимірювання, означений і згоден з його застосуванням" чи іншим текстом, який чітко визначає прийнятне для замовника правило прийняття рішення із ПРАВИЛ 1...5 (див. 1);

б) одержують письмову згоду замовника (підпис на заявлі чи договорі або іншому документі, примірник що залишається у підрозділі ВЦ КТЗ/ІО, який надає послугу з випробовування/інспектування і визначає відповідність об'єкта оцінювання вимогам НД.

3. Розрахунок невизначеності вимірювання

3.1. Для оцінювання і розрахунку НВ у ВЦ КТЗ/ІО застосовують розроблену авторським колективом методику, в основу якої покладені рекомендації ILAC-G8:09 та положення НДн, зокрема ДСТУ-Н РМГ 43, а проблемні чи не охоплені цими НД питання вирішенні на підставі наступного усталій практиці досвіду ВЦ КТЗ/ІО.

3.2. За цією методикою авторами розроблено програмний продукт на базі стандартної програми Microsoft Office Excel (далі – ппН), який автоматизує проведення розрахунків та автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою формою.

3.3. Особливості методики та програмного продукту ппН викладені нижче.

3.4. Оцінювання стандартної невизначеності за типом А

Для оцінювання стандартної невизначеності u_A за типом А, якщо виконані багаторазові вимірювання фізичної величини X , застосовують формулу 5 із ДСТУ-Н РМГ 43 (1):

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (1)$$

де:

x_i – кожен i -й результат, отриманий під час вимірювання;

$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ – середнє арифметичне результатів вимірювання;

n – кількість проведених вимірювань.

У разі одноразового вимірювання фізичної величини X відмова від розрахунку невизначеності за типом А буде втрачена і не використана інформація про результат x_1 .

Тому за розробленою методикою ВЦ КТЗ/ІО результат одноразового вимірювання x_1 не відкидають, а доповнюють двома числами – збільшеним ($x_1 + U_n$) та зменшеним ($x_1 - U_n$) на величину U_n , яка є відомою і зазначена компетентною метрологічною організацією у свідоцтві про калібрування, як розширене НВ використаного для цього вимірювання ЗВТ/ВУ. Далі u_A розраховують за формулою 5 із ДСТУ-Н РМГ 43.

3.5. Оцінювання стандартної невизначеності за типом В

Більшість вимірювань, які здійснюють у ВЦ КТЗ/ІО за вимогами НДв, є одноразовими. Навіть за багаторазових вимірювань їх число зазвичай є відносно невеликим, тому стандартну невизначеність u_A не вважають надійною та обов'язково доповнюють стандартною невизначеністю u_B за типом В, яку оцінюють ймовірністями методами аналізу результату вимірювання.

Термін "стандартна невизначеність" стосується лише окремих джерел невизначеності, які здійснюють внесок в повну невизначеність результату вимірювання.

Для оцінювання стандартної невизначеності u_B за типом В зазвичай необхідні дані щодо:

- закону розподілу вірогідностей значень вимірюваної фізичної величини X ;
- граничних меж (верхньої та нижньої) розподілу можливих значень цієї величини;
- попередніх вимірювань цієї та інших величин, що входять у рівняння вимірювання;
- особливості дії та роботи ЗВТ/ВУ за документами виробника і практичним досвідом;
- невизначеність U_n , яка зазначена у свідоцтві про калібрування відповідного ЗВТ/ВУ;
- невизначеності констант, коефіцієнтів, по правок, довідкових та інших даних.

Встановлення виду реального закону розподілу вимірюваного параметра вимагає значних затрат часу та матеріальних ресурсів, і не завжди це є можливим через певні причини.

Тому за методикою ВЦ КТЗ/ІО для розрахунку стандартної невизначеності u_B приймають "найгірший" щодо точності вимірювання рівномірний закон розподілу і розраховують u_B за формулою 7 ДСТУ-Н РМГ 43 (2), тобто свідомо занижують точність вимірювання, оскільки це зменшує ризик хибного прийняття рішення порівняно з її завищеннем.

$$u_B = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Величину b формують з урахуванням числового значення U_n (розширені НВ вимірювання зі свідоцтва про калібрування цього ЗВТ/ВУ) та складності рівняння вимірювання. Чим більше число складових є у рівнянні вимірювання, тим більший приймають цей коефіцієнт від 1,1 до 1,5. У ппН величина b внесена у випадне меню, з якого під час розрахунку u_B вибирають числове значення b із ряду: $1,0U_n; 1,1U_n; 1,2U_n; 1,3U_n; 1,4U_n; 1,5U_n$.

Для прямого вимірювання, наприклад, $L = L$ або в разі замовчування ппН автоматично бере для розрахунків $b = 1,0U_n$.

3.6. Оцінювання сумарної стандартної невизначеності u_C

Після визначення числових значень u_A та u_B для прямого вимірювання і некорельованих оцінок за методикою ВЦ КТЗ/ІО розраховують сумарну стандартну невизначеність u_C , якщо відомі коефіцієнти вагомості за формулою 9 ДСТУ-Н РМГ 43, якщо не відомі – за В.15 (3):

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

де:

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – коефіцієнт вагомості вимірюваної величини x_i .

У разі опосередкованого вимірювання та корельованих вхідних величин за методикою ВЦ КТЗ/ІО u_C розраховують, якщо відомі коефіцієнти вагомості та кореляції $r(x_i, x_j)$ за формулою 10, якщо не відомі – формулу В.15 ДСТУ-Н РМГ 43 доповнюють коефіцієнтом I (4):

$$u_C = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot r(x_i, x_j) \cdot u(x_i) \cdot u(x_j)} = \sqrt{I \cdot (u_A^2 + u_B^2)} \quad (4)$$

де:

I – коефіцієнт, який враховує наявність та кількість взаємно корельованих величин і вплив на вимірювану величину X інших параметрів, що входять у рівняння вимірювання.

У ппН величина I внесена у випадне меню, із якого під час розрахунку u_C вибирають числове значення I із ряду: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5. Вибір I здійснюють, спираючись на набутий практичний досвід проведення такого виду вимірювання із застосуванням певного ЗВТ/ВУ. Зазвичай чим складніше рівняння вимірювання та чим більше число взаємно корельованих величин у цьому рівнянні, тим більшим беруть значення I .

Числове значення показника I враховує вплив усіх без винятку компонентів і параметрів, незалежно від їхнього походження і розмірності, на сумарну стандартну невизначеність u_C .

За некорельованих вхідних величин та в разі замовчування ппН автоматично приймає для розрахунків $I = 1,0$.

Сумарну стандартну невизначеність u_c розраховують для прямого вимірювання і некорельованих оцінок, якщо відомі коефіцієнти вагомості за формулою 9, якщо не відомі – за формулою 10 або спрощено за формулою В.15 ДСТУ-Н РМГ 43.

3.7. Оцінювання розширеної невизначеності U

Розширена невизначеність U – величина, що визначає інтервал навколо результату вимірювання, в межах якого ймовірно перебуває більша частина розподілу значень, які можуть бути приписані вимірюваній величині. Величина розширеної невизначеності U (ширина інтервалу) залежить від вибраного під час розрахунку рівня довіри p , який менший за одиницю або дорівнює їй.

За методикою ВЦ КТЗ/ІО розраховують розширену невизначеність U за формулою В.18 ДСТУ-Н РМГ 43 (5).

$$U = k u_c \quad (5)$$

де:

k – коефіцієнт охоплення, величина якого залежить від необхідної довірчої вірогідності (рівня довіри) p та закону розподілу можливих значень вимірюваної величини X .

За методикою ВЦ КТЗ/ІО для розрахунку приймають "найгірший" щодо точності вимірювання рівномірний закон розподілу, тобто свідомо знижують точність вимірювання, оскільки це зменшує ризик хибного прийняття рішення.

У ппН величина k внесена у випадне меню, з якого, під час розрахунку U , може бути вибрана з **табл. 1** необхідна довірча вірогідність p та відповідне числове значення k . У разі замовчуванням ппН автоматично приймає для розрахунків $k = 1,65$ для вірогідності $p \approx 0,95$.

4. Розрахунок ризиків, пов'язаних із невизначеністю вимірювання

4.1. Настанова ILAC-G8:09/2019 не надає чітких рекомендацій щодо розрахунку конкретного ризику і не містить опису особливостей ПРАВИЛ 1...2, лише у розділі 5 надано орієнтовні величини ризику прийняття рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання для ПРАВИЛ 3...5.

4.2. За методикою ВЦ КТЗ/ІО програмний продукт ппН використовує обчислену розширену невизначеність U (див. 3.7) для ПРАВИЛ 2...5 у розрахунках числа конкретного ризику R та для визначення запобіжних інтервалів для ПРАВИЛ 4...5.

4.3. Для ПРАВИЛ 2 та 3, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН обчислює:

а) за формулами 6 відстань (інтервал) до нижньої A_H та верхньої A_B меж прийнятності і вибирає з цих двох чисел мінімальне A_{min} , а показник рівня ризику J (кількість кроків до меж) знаходить за формулою 7:

$$A_H = TLH - (x_1 + U) \text{ та } A_B = TLe - (x_1 + U) \quad (6)$$

де:

TLH та TLe – числове значення відповідно нижньої та верхньої меж прийнятності (граничних нормативних значень вимірюваного параметра, встановленого у відповідному НДв на цей вид випробування/інспектування);

x_1 – результат одноразового вимірювання або середньоарифметичне багаторазових вимірювань фізичної величини X ;

U – розширена НВ, визначена безпосередньо для цього вимірювання.

Примітка. Якщо в НД не встановлені межі прийнятності, наприклад, визначення витрати палива КТЗ за Правилами ООН № 101, ппН дозволяє встановити діапазон, який обґрунтовано може бути приписаний вимірюваній величині, з урахуванням розсяння значень витрати палива КТЗ за довірчої вірогідності p та обчисленої U .

б) за формулою 7 розраховує показник рівня ризику J , який є фактично кількістю кроків розміром в обчислену розширену НВ U до найближчої межі прийнятності A_{min} :

$$J = A_{min} / U \quad (7)$$

в) за обчисленним числом показника рівня ризику J із **табл. 2** ппН самостійно вибирає і запам'ятовує значення конкретного ризику R та очікувану кількість можливих виходів зі 100 спроб результатів вимірювання N за допустимі межі, тобто ймовірне число одержання негативних результатів вимірювання оцінюваного параметра.

Примітка. Числові значення **табл. 2** ураховують рекомендації та дані, які надано у ILAC-G8:09/2019.

Таблиця 1

Рівномірний закон розподілу випадкової величини

Довірча вірогідність, p	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,999
Квантилі розподілення Стьюдента, k	1,39	1,65	1,69	1,71	2,33	2,91

г) на завершення дій ппН автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою для ПРАВИЛ 2...3 формою, до якого вносить вхідні та обчислені дані (u_A , u_B , u_C , U , N , R) та застосоване правило прийняття рішення і висновок (див. 1.7) щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НДв.

4.4. Для ПРАВИЛА 4, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН виконує таке:

а) обчислює та вибирає A_{min} згідно з процедурою, зазначеною у 4.3 а);

б) за формулою 8 розраховує для ПРАВИЛА 4 показник рівня ризику J_4 із запобіжним інтервалом, рекомендованим у ILAC-G8:09/2019:

$$J_4 = A_{min} - U \quad (8)$$

в) якщо розрахований показник J_4 менший за 1, тобто ризик прийняття хибного рішення перевищує 2,5 %, ппН формує негативний протокол оцінювання НВ, у якому зазначено, що вимога ПРАВИЛА 4 не виконана;

г) у разі, якщо розрахований показник $J_4 \geq 1$, тобто ризик хибного рішення $\leq 2,5\%$, далі ппН виконує дії, зазначені у 4.3 в) з використанням даних табл. 2 та автоматично формує протокол оцінювання НВ за встановленою для ПРАВИЛА 4 формою з позитивним висновком.

4.5. Для ПРАВИЛА 5, відповідно до методики ВЦ КТЗ/ІО, ппН виконує таке:

а) обчислює та вибирає A_{min} згідно з процедурою, зазначеною у 4.3 а);

б) за формулою 9 розраховує для ПРАВИЛА 5 показник рівня ризику J_5 із запобіжним інтервалом, рекомендованим у ILAC-G8:09/2019:

$$J_5 = \sqrt{A_{min}^2 - U^2} \quad (9)$$

в) подальші дії ппН виконує аналогічно до 4.4 в) та 4.4 г), але з урахуванням вимог ПРАВИЛА 5, тобто ризик прийняття хибного рішення має бути $\leq 2,5\%$.

Основні результати та висновки

1. Розроблена авторським колективом оригінальна методика, яку запроваджують у ВЦ КТЗ/ІО, дозволяє практично вирішувати такі проблемні питання:

а) враховує положення ILAC-G8:09/2019, встановлює п'ять видів правил прийняття рішення щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД, містить процедуру погодження із замовником вибраного ним правила прийняття рішення, забезпечує надійне оцінювання НВ за одноразового вимірювання чи відсутності необхідної вхідної інформації та забезпечує розрахунок конкретного ризику прийняття хибного рішення;

б) не відкидає, а використовує відомий результат одноразового вимірювання для визначення невизначеності за типом А і подальшого розрахунку розширеної НВ U ;

в) спрощує обчислення та забезпечує коректне оцінювання НВ за типом В, оскільки не потребує приведення різних розмірностей до безрозмірних величин через відносну НВ, а зміна числових значень b дозволяє врахувати складність застосованого рівняння вимірювання;

г) включає складне, часом практично неможливе, визначення числових значень дисперсії, коефіцієнтів (вагомості, кореляції, коваріації, охоплення) вхідних величин у рівнянні вимірювання, інших оцінених чи не оцінених параметрів, та спрощує обчислення сумарної u_C і розширеної невизначеності U шляхом вибору і застосування коефіцієнтів I та k ;

д) містить показник рівня ризику J , на підставі якого розраховують величину конкретного ризику R прийняття рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання за результатами проведеного вимірювання та визначають очікувану кількість можливих виходів результатів вимірювань із 100 спроб за межу прийнятності N .

2. На основі створеної методики авторами розроблено оригінальний програмний продукт ппН, який забезпечує:

а) моделювання і розрахунок числових значень невизначеностей u_A , u_B , u_C , U для багаторазових та одноразових вимірювань;

Таблиця 2

Конкретний ризик R та число негативних результатів вимірювання N (зі 100 спроб)

Показник рівня ризику, J	-0,5	0	0,5	0,83	1	1,5	3>
Очікувані виходи за межі, N	98	50	10	5	2,5	0,15	0,01
Конкретний ризик, R , %	≤ 100	≤ 50	≤ 10	≤ 5	$\leq 2,5$	$\leq 0,15$	$\leq 0,01$

б) обчислення показника рівня ризику J і на його базі розраховує величину конкретного ризику R прийняття хибного рішення і висновків щодо відповідності об'єкта оцінювання вимогам НД;

в) автоматично формує і вносить до протоколу певної форми оцінювання НВ розрахункові формули, всі вхідні та обчислені дані, а саме u_A , u_B , u_C , U , очікувану кількість можливих виходів результатів вимірювань зі 100 спроб за межу прийнятності N , конкретний ризик R та застосоване правило прийняття рішення з висновком щодо відповідності/невідповідності об'єкта вимогам НД.

Література

1. ДСТУ EN ISO/IEC 17020:2019 (EN ISO/IEC 17020:2012, IDT; ISO/IEC 17020:2012, IDT) Оцінка відповідності. Вимоги до роботи різних типів органів з інспектування. [Чинний від 2021-01-01]. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2020. 14 с. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89192.
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT) Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. [Чинний від 2021-01-01]. Київ: ТОВ Видавництво "Форт", 2020. 24 с. Режим доступу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=88724.
3. Правила ООН № 13 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, Н и О в отношении торможения. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf>.
4. Правила ООН № 48 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении установки устройств освещения и световой сигнализации. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R048r6r.pdf>.
5. Правила ООН № 67 Единообразные предписания, касающиеся: I. Официального утверждения специального оборудования механических транспортных средств, двигатели которых работают на сжиженном нефтяном газе; II. Официального утверждения транспортного средства, оснащенного специальным оборудованием для использования сжиженного нефтяного газа в качестве топлива, в отношении установки такого оборудования. Режим доступу: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2014/R067r4e.pdf>.
6. Правила ООН № 83 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R083r5e.pdf>.
7. Правила ООН № 100 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении особых требований к електрическому приводу. Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R100r2e.pdf>.
8. СТП 10-0401:2021 Система управління якістю. Випробування продукції. ДП "ДержавтрансНДІпроект", 16 с.
9. Політика НААУ щодо простежуваності вимірювання, що проводять органи з оцінки відповідності відповідно до заявленої сфери акредитації (ред. 08 від 27.12.2019 ЗД-08.00.09), схвалена і рекомендована до застосування рішенням Ради з акредитації НААУ від 27.12.2019. Режим доступу: <https://naau.org.ua/polityka-naau-shhodo->

prostezhuvanosti-vymiryuvannya-shho-provodyat-organy-z-otsinky-vidpovidnosti-vidpovidno-do-zayavlenoyi-sfery-akredytatsiyi .

10. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. Режим доступу: <http://docplayer.net/95808616-Ilac-p14-12-2010-ilac-policy-for-uncertainty-in-calibration.html>.

11. JCGM 100:2008, (GUM), Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.

Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM, 2008. 90 p. Режим доступу: https://ncc.nesdis.noaa.gov/documentation/JCG_100_2008_E.pdf.

12. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування "Настанови з оцінювання невизначеності у вимірюваннях" (РМГ 43:2001, IDT). [Чинний з 2007-01-01]. – К.: ДП "УкрНДНЦ", 2007. – 27 с. – (Національний стандарт України). Режим доступу: <https://www.dsns.gov.ua/files/2011/6/24/648.pdf>.

13. ДСТУ ГОСТ ИСО 5725-6:2005 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике. [Чинний з 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 54 с. – (Національний стандарт України). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=84938.

14. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с. Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200037562>.

15. СТП 06-0308:2021 Система управління якістю. Метрологія. Вираження невизначеності вимірювань. ДП "ДержавтрансНДІпроект", 15 с.

16. ILAC-G8:09/2019 Настанова щодо правил прийняття рішення та висновків щодо відповідності. Переклад на українську мову ДП "УКРМЕТРЕКСТАНДАРТ", 22 с. Режим доступу: https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC_G8_09_2019_Nast-anova-shhodo-pravy%60-pty%60jnyatty-a-rishen%60.pdf.

References

1. Conformity assessment – Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection. DSTU EN ISO/IEC 17020:2019 (EN ISO/IEC 17020:2012, IDT; ISO/IEC 17020:2012, IDT). [Chynnyy vid 2021-01-01]. Kyiv: DP "UkrNDNTs", 2020. 14 s. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89192.
2. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. DSTU EN ISO/IEC 17025:2019 (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT). [Chynnyy vid 2021-01-01]. Kyiv: TOV Vyadvnytstvo "Fort", 2020. 24 s. Retrieved from http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=88724.
3. UN Regulation № 13 Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r013r6e.pdf>.
4. UN Regulation № 48 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signaling devices. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R048r6r.pdf>.
5. UN Regulation № 67 Uniform provisions concerning the approval of: I. Specific equipment of vehicles of category M and N using liquefied petroleum gases in their propulsion system II. Vehicles of category M and N fitted with specific equipment for the use of liquefied petroleum gases in their propulsion system with regard to the installation of such equipment. Retrieved from <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2014/R067r4e.pdf>.
6. UN Regulation № 83 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R083r5e.pdf>.

7. UN Regulation № 100 Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to specific requirements for the electric power train. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R100r2e.pdf>.
8. STP 10-0401:2021 Systema upravlinnya yakistyu. Vyprobuvannya produktsiyi. DP "DerzhavtotransNDIproekt", 16 s.
9. Polityka NAAU shchodo prostezhuvanosti vymiryuvannya, shcho provodyat' orhany z otsinky vidpovidnosti vidpovidno do zayavlenoyi sfery akredytatsiyi (red. 08 vid 27.12.2019 ZD-08.00.09), skhvalena i rekomentovana do zastosuvannya rishennym Rady z akredytatsiyi NAAU vid 27.12.2019. Retrieved from <https://naau.org.ua/polityka-naau-shhodo-prostezhuvanosti-vymiryuvannya-shho-provodyat-organy-z-otsinky-vidpovidnosti-vidpovidno-do-zayavlenoyi-sfery-akredytatsiyi>.
10. ILAC P14:12/2010 – ILAC Policy for Uncertainty in Calibration. ILAC, 2010. 14 p. Retrieved from <http://docplayer.net/95808616-Ilac-p14-12-2010-ilac-policy-for-uncertainty-in-calibration.html>.
11. JCGM100:2008, (GUM), Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM, 2008. 90 p. Retrieved from https://ncc.nesdis.noaa.gov/documentation/JCG_100_2008_E.pdf.
12. Metrology. Applying the "Guide to Expression of Uncertainty in Measurement". DSTU N RMG 43: 2006 (RMG 43: 2001, IDT). [Chynnyz z 2007-01-01]. – K.: DP "UkrNDNTs", 2007. – 27 s. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny). Retrieved from www.dsns.gov.ua/files/2011/6/24/648.pdf.
13. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 6: Use in practice of accuracy values. DSTU GOST ISO 5725-6:2005. [Chynnyz z 2006-07-01]. – K.: Derzhspozhyvstandart, 2006. – 54 s. – (Natsional'nyy standart Ukrayiny). Retrieved from http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=84938.
14. R 50.2.038-2004 GSI Direct single measurements. Estimation of errors and uncertainty of measurements result. M.: Standartinform, 2011. – 11 s. Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/1200037562>.
15. STP 06-0308:2021 Systema upravlinnya yakistyu. Metrolohiya. Vyrazhenna nevyznachenosti vymiryuvan'. DP "DerzhavtotransNDIproekt", 15 s.
16. ILAC-G8:09/2019 Guidance on decision-making rules and conclusions of compliance. Pereklad na ukrayins'ku movu DP "UKRMETRTESTSTANDART", 22 s. Retrieved from https://naau.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/ILAC_G8_09_2019_Nast-anova-shhodo-pravy%60l-pry%60jnyatty-a-rishen%60.pdf.



НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР – ТЕХНІЧНА СЛУЖБА З ВИПРОБУВАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

ЛАБОРАТОРІЯ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Контакти:

тел.: +38 (044) 455-67-90, e-mail: lab@insat.org.ua

Основні напрямки діяльності

Випробування колісних транспортних засобів (КТЗ):

- нових КТЗ;
- саморобних КТЗ;
- КТЗ, що були в користуванні.



- ✓ Перевірка відповідності КТЗ міжнародних перевізників вимогам Резолюції Європейської Конференції Міністрів транспорту (ЄКМТ).
- ✓ Технічний огляд КТЗ за Віденською Угодою 1997 року (МСТО).
- ✓ Перевірка технічного стану КТЗ під час обов'язкового технічного контролю (ОТК).
- ✓ Визначення показників маси КТЗ (зважування).
- ✓ Проведення міжлабораторних випробувань згідно з вимогами ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.
- ✓ Участь у проведенні семінарів із підвищення кваліфікації персоналу випробувальних лабораторій.
- ✓ Наукові дослідження та розроблення сучасних засобів вимірювальної техніки і випробувального обладнання.
- ✓ Участь у створенні галузевої нормативної бази та законодавства України.

Запрошуємо до співпраці!

© Л. В. Шевчук, канд. техн. наук,
доцент кафедри вищої математики,
e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5748-9527;
© О. І. Білобрицька, канд. техн. наук,
доцент кафедри вищої математики,
e-mail: o.bilobrytska@ntu.edu.ua,
ORCID: 0000-0002-6751-6592;
© І. І. Гринчак, асист. каф. дорожньо-
будівельних матеріалів і хімії,
e-mail: ilonaborovyk@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-8382-3824
(Національний транспортний
університет)

© Л. В. Шевчук, канд. техн. наук,
доцент кафедри вищої математики,
e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5748-9527;
© Е. І. Белобрицкая, канд. техн. наук,
доцент кафедры высшей математики,
e-mail: o.bilobrytska@ntu.edu.ua,
ORCID: 0000-0002-6751-6592;
© И. И. Гринчак, ассист. каф. дорожно-
строительных материалов и химии,
e-mail: ilonaborovyk@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-8382-3824
(Национальный транспортный
университет)

© Liudmyla Shevchuk, Ph. D., Senior
Lecturer, Department of mathematics,
e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5748-9527;
© Olena Bilobrytska, Ph. D., Senior
Lecturer, Department of mathematics,
e-mail: o.bilobrytska@ntu.edu.ua,
ORCID: 0000-0002-6751-6592;
© Ilona Hrynychak, Assistant, Department
of road building materials and chemistry,
e-mail: ilonaborovyk@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-8382-3824
(National Transport University)

ВПЛИВ НЕСУМІСНОСТІ ТЕРМОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРИМАЛЬНИХ ШАРІВ МОСТОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ЇЇ ТЕРМОНАПРУЖНИЙ СТАН

ВЛИЯНИЕ НЕСОВМЕСТИМОСТИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ НЕСУЩИХ СЛОЕВ МОСТОВОЙ
КОНСТРУКЦИИ НА ЕЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ

INFLUENCE OF INCOMPATIBILITY
OF THERMOMECHANICAL PARAMETERS OF THE BEARING
LAYERS OF A BRIDGE STRUCTURE ON ITS THERMO-
STRESSED STATE

Анотація. На базі теорії термопружності розглянуто задачу про термонапруженій стан двошарового фрагменту мостової конструкції, що складається з металевої основи й асфальтобетонного верхнього шару, в умовах зміни температури навколошнього середовища за різних значень коефіцієнтів температурного лінійного розширення шарів. За допомогою методу скінченних елементів побудовані поля температурних напружень, деформацій і переміщень за різних значень термомеханічних характеристик шарів. Виконаний аналіз впливу значень термомеханічних параметрів на напружено-деформований стан системи. Показано, що зі збільшенням несумісності цих характеристик інтенсивності напружень і деформацій зростають. Знайдені зони концентрації цих функцій. Рекомендовано у проектуванні мостів для уникнення їхньої передчасної деструкції використовувати матеріали з близькими значеннями термомеханічних параметрів.

Ключові слова: двошарова мостова конструкція, несумісність термомеханічних параметрів, поля термонапруженень, скінченно-елементний аналіз.

Аннотация. На базе теории термоупругости рассмотрена задача о термонапряженном состоянии двухслойного фрагмента мостовой конструкции, состоящей из металлической основы и асфальтобетонного верхнего слоя, в условиях изменения температуры окру-

жающей среды при различных значениях коэффициентов температурного линейного расширения слоев. С помощью метода конечных элементов построены поля температурных напряжений, деформаций и перемещений при различных значениях термомеханических характеристик слоев. Выполнен анализ влияния значений термомеханических параметров на напряженно-деформированное состояние системы. Показано, что с увеличением несовместимости этих характеристик интенсивности напряжений и деформаций возрастают. Найдены зоны концентрации этих функций. Рекомендовано при проектировании мостов для избегания их преждевременной деструкции использовать материалы с близкими значениями их термомеханических параметров.

Ключевые слова: двухслойная мостовая конструкция, несовместимость термомеханических параметров, поля термонапряжений, конечноэлементный анализ.

Abstract. On the basis of the theory of thermoelasticity, the problem of the thermally stressed state of a two-layer fragment of a bridge structure, consisting of a metal base and an asphalt-concrete upper layer, under conditions of a change in the ambient temperature at different values of the coefficients of thermal linear expansion of the layers is considered. Using the finite element method, the fields of thermal stresses, deformations and displacements are constructed for various values of the thermomechanical characteristics of the layers. The analysis of the influence of the values of thermomechanical parameters on the stress-strain state of the system is carried out. It is shown that with an increase in the incompatibility of these characteristics, the intensities of stresses and strains increase. The zones of concentration of these functions are found. It is recommended to use materials with close values of their thermomechanical parameters when designing bridges to avoid their premature destruction.

Keywords: two-layer bridge structure, incompatibility of thermomechanical parameters, thermal stress fields, finite element analysis.

Вступ

У термомеханіці суттєво неоднорідних конструкцій, які складаються з композиційних матеріалів і шаруватих масивів (наприклад, у дорожньому будівництві), неоднорідність полів термо-напружень, їхня концентрація та міцність системи значною мірою залежать від неоднорідності та несумісності їхніх термомеханічних параметрів (коєфіцієнтів теплопровідності, коєфіцієнтів теплового лінійного розширення, модулів пружності, коєфіцієнтів Пуассона та ін.). Наприклад, у роботі [1] показано, що спроба зміцнення асфальтобетонного шару дорожнього покриття металевими і неметалевими (склопластиковими, базальтовими, полімерними та ін.) армуваннями стрижнями з відмінними (несумісними) термомеханічними параметрами може призводити до несподіваних негативних ефектів, пов'язаних зі зростанням термонапружень у зонах сполучення тіл у контакті.

Особливий випадок у термомеханіці шаруватих середовищ виникає, якщо середовище має малий коєфіцієнт теплопровідності, а температура навколо-лишнього середовища швидко змінюється за часом (тобто має місце так званий "тепловий удар"). Тоді, оскільки температура не встигає швидко вирівнятися, виникає температурний високоградієнтний приграницій шар, що призводить до великих зсувних напружень і сприяє руйнуванню конструкції [1]. На побутовому рівні прикладом цього явища може бути розтріскування гранованої (товстостінної) склянки після потрапляння до неї окропу. Водночас тонкостінна (так звана "чайна") склянка руйнуванню не піддається, тому що в ній температура вирівнюється швидше.

У книзі [1] також звертають увагу на негативні термомеханічні явища, які виникають в асфальто-

бетонному шарі, покладеному на металеву або цементобетонну основу в мостових конструкціях. У ній встановлено, що несумісність термомеханічних властивостей верхнього шару та нижньої основи призводить до істотних дотичних напружень на площині контакту різнопід часових матеріалів і може бути причиною термічного згинання та розшарування двошарової структури.

Причому авторами показано [2-6], що спроба підвищення міцності цієї конструкції шляхом збільшення товщини верхнього шару лише погіршує стан системи та призводить до підвищення термонапружень.

Цікаво відзначити, що подібні термомеханічні явища використовують у конструкціях електротеплових реле для теплового впливу на біметалічну пластину з різними коєфіцієнтами теплового лінійного розширення, щоб у результаті зигнального переміщення її елементів приводити в дію електричні вмикачі/вимикачі.

У цій статті питання термодеформування неоднорідної двошарової мостової конструкції досліджено більш детально.

Нижче на базі методу скінченного елементу виконано комп'ютерне дослідження термодеформованого та напруженого станів двошарової мостової конструкції, яка складається з нижньої металевої плити та верхнього асфальтобетонного шару за різних значень їхніх термомеханічних параметрів.

Основна частина

Задачу про термонапруженій стан двошарової мостової конструкції з різними термомеханічними властивостями можна розглядати як окремий випадок термонапруженого стану шаруватих односпрямованих композитів. За різних значень

термомеханічних характеристик у них нерідко спостерігаються суттєві викривлення форми, локальні розшарування та загальна термодеструкція [7-8]. Причому спроби зниження термона-пружень у таких системах шляхом збільшення товщин різних шарів або їхнього модуля пружності призводить лише до погіршення ситуації. Різні формулювання таких випадків на прикладах дорожніх покрівів розглянуті в роботах [9-13]. Питання механіки композитних та шаруватих матеріалів, а також дорожніх покрівів, близькі до розглянутих вище, проаналізовано в роботах [14-24]. З огляду на це становить науковий та практичний інтерес питання щодо зниження рівня термона-пружень в асфальтобетонному шарі верхнього покриття металевого їздового полотна мостової конструкції. У разі, якщо матеріали асфальтобетонного покриття та металевої основи мають різні значення коефіцієнтів теплового лінійного розширення, то за сезонних та добових змін температури навколошнього середовища елементи кожного з цих матеріалів розширяються та вкорочуються по-різнові, приводячи до їхніх різних несумісних деформацій та переміщень на поверхні їхнього контакту. Для суміщення цих деформацій і переміщень у зоні контакту цих елементів генеруються істотні дотичні напруження, які призводять до відсутності їхнього взаємного прослизання і розшарування та спільне деформування. У роботах [1-6] виконано скінчено-елементне моделювання основних особливостей зазначених ефектів на прикладі конструкції Південного мосту в Києві в межах теорії термопружності. Показано, що найбільші дотичні напруження між шарами асфальтобетону та металевої основи концентровані в крайовій зоні системи, а нормальні поздовжні напруження переважають на центральних ділянках системи. Зазначимо, що такі особливості мають місце й у механіці композитних матеріалів [7, 8, 15].

Цей ефект є одним із факторів, за допомогою якого встановлюють причину інтенсивного відшарування асфальтобетонного шару від металевої

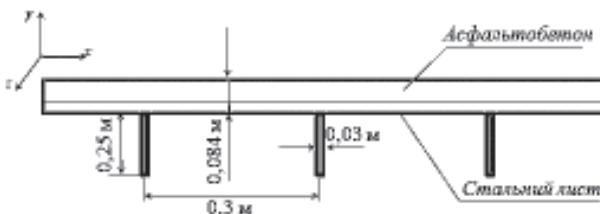


Рис. 1. Розміри конструктивних елементів

основи в зимово-весняний період. Можна стверджувати, що інтенсивність зазначених міжшарових дотичних напружень визначають насамперед різницю значень коефіцієнтів теплового лінійного розширення та товщиною асфальтобетонного шару, які впливають на несумісність деформацій та переміщень контактуючих конструктивних фрагментів, що піддаються суміщенню. При цьому товщина металевого шару мостової конструкції, очевидно, відіграє меншу роль у зв'язку з низькою пружното-деформативністю сталі.

Для перевірки впливу фактору несумісності термомеханічних параметрів асфальтобетону та сталі виконані скінчено-елементні розрахунки термона-пруженої стану фрагмента перерізу мостової конструкції, поперечний переріз якої показано на рис. 1. Для цього випадку товщина сталевої основи становить $h_s = 0,014\text{м}$, товщина асфальтобетонного шару дорівнює $h_a = 0,07\text{м}$.

Знизу конструкція підкріплена вертикальними ребрами з кроком $\Delta x = 0,3\text{ м}$, які практично не впливають на термона-пружений стан системи.

Термомеханічні характеристики сталі вибрані незмінними: модуль пружності $E=2,1 \cdot 10^{11}\text{ Па}$, коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$, коефіцієнт теплового лінійного розширення $\alpha_t = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$; для асфальтобетону параметри $E=5 \cdot 10^9\text{ Па}$, $\nu=0,2$ були фіксовані, коефіцієнту теплового лінійного розширення (задля дослідження його впливу) надавалися значення $\alpha_t = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$, $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$, $3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$. Досліджувався вплив цих значень на зміну загального термона-пруженої стану конструкції за таких значень α_t . Було прийнято, що початкова температура навколошнього середовища і потім падала до $T=-25^\circ\text{C}$.

У загальному випадку еволюцію температурного поля в кожних фрагментах системи визначають рівнянням [25-26]

$$\nabla^2 T - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = 0. \quad (1)$$

Тут $\alpha = \lambda / c_{\text{об}}$ – коефіцієнт температуропровідності, λ – коефіцієнт теплопровідності, $c_{\text{об}}$ – питома об'ємна теплоємність, доданок $\nabla^2 T$ еквівалентний виразу $d^2 T / dx^2 + d^2 T / dy^2 + d^2 T / dz^2$.

Вважаємо, що за термопружного деформування всього масиву силами інерції можна знехтувати. Тоді поле пружних переміщень $\mathbf{u}(x,y,z)$ описується векторним рівнянням [25-26]

$$\mu \nabla^2 \mathbf{u} + (\lambda + \mu) \operatorname{grad} \operatorname{div} \mathbf{u} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_t \operatorname{grad}(T) = 0 \quad (2)$$

де λ та μ – ізотермічні параметри Ляме.

На умовних кінцях виділеної області прийнято, що теплові потоки у напрямках нормалі відсутні, тому похідна від T у напрямках нормалі n дорівнює нулю,

$$dT/dn=0 \quad (3)$$

За формулювання граничних умов для векторної функції $\mathbf{u}(x, y, z)$ вважаємо, що на всіх вільних поверхнях нормальні та дотичні напруження дорівнюють нулю, а на площині контакту асфальтобетонного шару з металевою основою задані умови сумісності переміщень.

Прийнята постановка задачі про термопружне деформування виділеного двошарового масиву дозволила використати алгоритм її вирішення, коли спочатку вирішується завдання нестаціонарної теплопровідності для рівняння (1) в діапазоні часу t , рівному 12 годинам (43200 с). Потім у потрібні моменти часу t_i з використанням полів температури $T(x, y, z, t)$ за допомогою рівнянь (2) знаходить поля переміщень, деформацій та напружень.

Розв'язування цих рівнянь здійснюється шляхом переходу до скінчено-елементної моделі [27]

$$\begin{aligned} [K_T]\{T\} - [A]\{T_j(t)\}, \\ [K]\{u\} = [L]\{T(t_j)\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Тут $[K_T]$ – матриця коефіцієнтів скінчено-елементної моделі рівняння теплопровідності, $[A]$ – матриця коефіцієнтів моделі при похідній T , $\{T_j(t)\}$ – вектор заданих значень температури T на поверхні покриття, $[K_u]$ – матриця жорсткості для скінчено-елементної моделі пружного масиву, $[L]$ – матриця, що відображає вплив температури на переміщення елементів масиву.

Після підрахунку значень компонент вектора переміщень $\{u\}$ у вузлах скінчено-елементної моделі підраховуються компоненти тензорів деформацій ε_{jk} і напружень σ_{jk} . Вони визначаються за допомогою рівностей [25]

$$\begin{aligned} \varepsilon_{jk} &= \frac{1}{2}(u_{j,k} + u_{k,j}), \\ \sigma_{jk} &= 2\mu\varepsilon_{jk} + [\lambda\varepsilon_{ll} - (3\lambda + 2\mu)\alpha_T \cdot T]\delta_{jk}, \end{aligned} \quad (5)$$

дискретизованих у кожному вузлі моделі.

У цих рівностях індекси j, k, l пробігають значення 1, 2, 3; при цьому напрямки відповідають напрямкам x_1, x_2, x_3 ; $u_{j,k} = du_j/dx_k$ і $\varepsilon_{11} = \varepsilon_{11} - \varepsilon_{22} - \varepsilon_{33}$; δ_{jk} – символ Кронекера, дорівнює 0 при $j \neq k$ і дорівнює 1 при $j = k$.

У нашому випадку конструкція, яка розглядається, має властивість, пов'язану з тим, що вона перебуває у вільному контакті з повітряним середовищем. Тому, наприклад, у нічний час (за відсутності сонячної теплової радіації) температура всіх її елементів встигає вирівнятися і замість початкового значення $T_0 = 0$ набуває однакового значення $T_0 = -25^\circ \text{C}$.

На відміну від роботи [1], вважаємо, що коефіцієнт теплового лінійного розширення α_T асфальтобетонного шару може набувати значень $\alpha_T = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $3 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Результати комп'ютерного дослідження для випадків $\alpha_T = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ показані на рис. 2 у вигляді полів функцій термонапружень $\sigma_x(a)$, $\sigma_y(b)$, $\sigma_z(c)$ та $\tau_{xy}(g)$. З рисунка зрозуміло, що в крайовій зоні між шарами має місце значна концентрація дотичних термонапружень τ_{xy} , яка може бути причиною зародження ефекту розшарування в цій зоні. Для цих випадків на рис. 3 наведено графіки функцій дотичних напружень $\tau_{xy}(x)$ на лівій ділянці площини контакту покриття та основи.

Як видно, ці функції мають помітну концентрацію на краю $x=0$, і швидко спадають у міру віддалення від краю. У місцях розташування вертикальних підкріплювальних ребер вони мають малі сплески. Такий вид цих функцій сприяє розшаруванню конструкції у крайовій зоні.

Розрахунки підтвердили думку, що зі збільшенням коефіцієнта α_T асфальтобетону максимальні значення дотичних напружень суттєво збільшуються. Вони також поширяються на велику ділянку контактної поверхні. Їхні величини для розглянутих випадків наведені в таблиці значень найбільш характерних параметрів системи.

Таблиця 1

	$\alpha_T (\text{K}^{-1})$	τ_{xy} , max (кПа)	$P(X)$ (Н/м)	σ_x , асф (МПа)	σ_x , ст (кПа)
1.	$1,9 \cdot 10^{-5}$	571,2	11871	0,6604	-3,2447
2.	$2,4 \cdot 10^{-5}$	1221,7	25392	1,4127	-6,9403
3.	$3 \cdot 10^{-5}$	1849,1	38431	2,1380	-10,5039

У ній також наведені значення інтегралів

$$P(X) = \int_0^X \tau_{xy} dx \quad (6)$$

від цих напружень на ділянках $0:x:X$, відповідно зафарбованим площа на рис. 3. Як видно, вони мають концентрацію на лівому краї і потім швидко зменшуються.

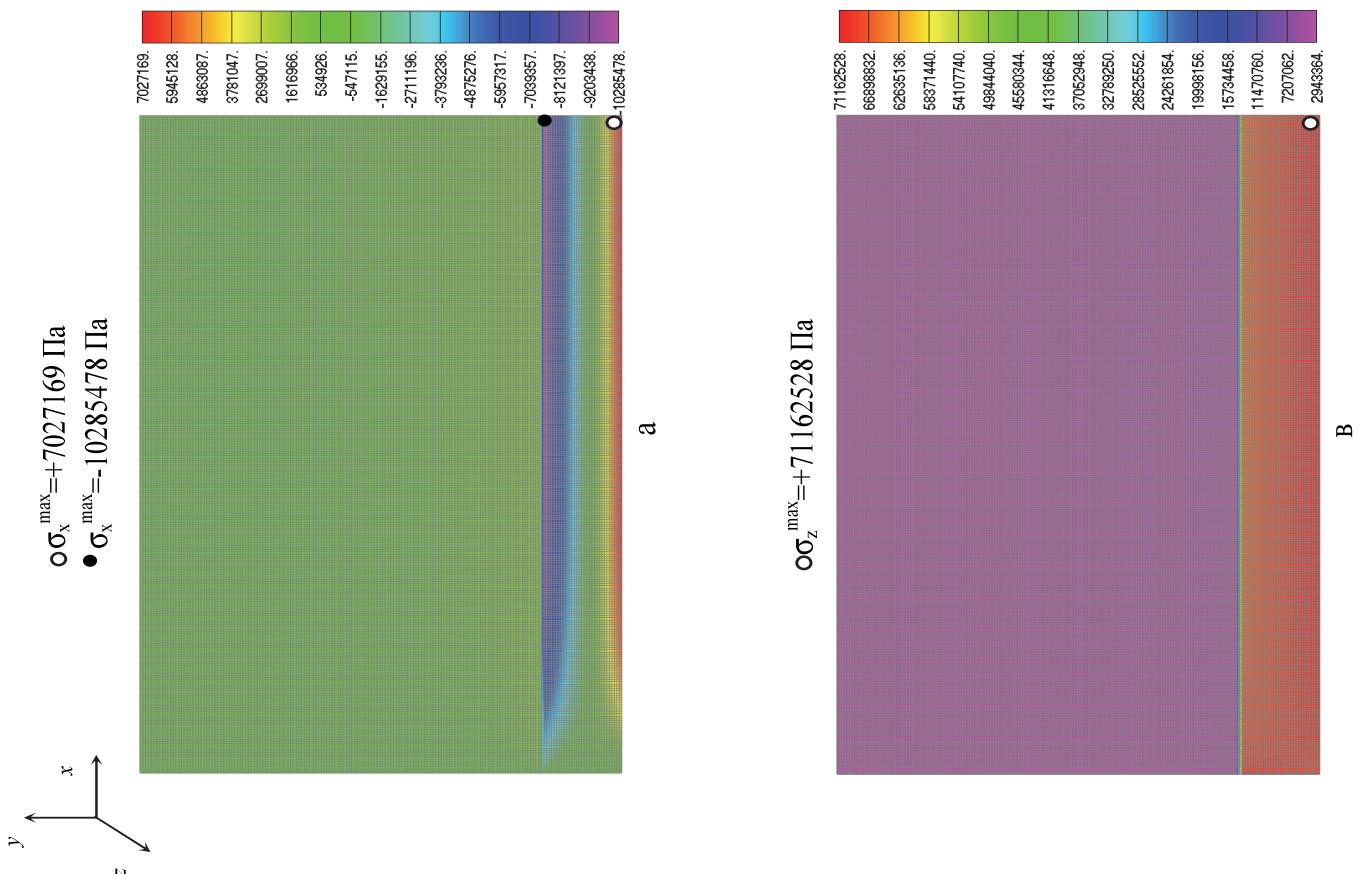


Рис. 2. Поля напружень σ_x (а), σ_y (б), σ_z (в), τ_{xy} (г) на ділянці конструкції, в околі її лівого краю

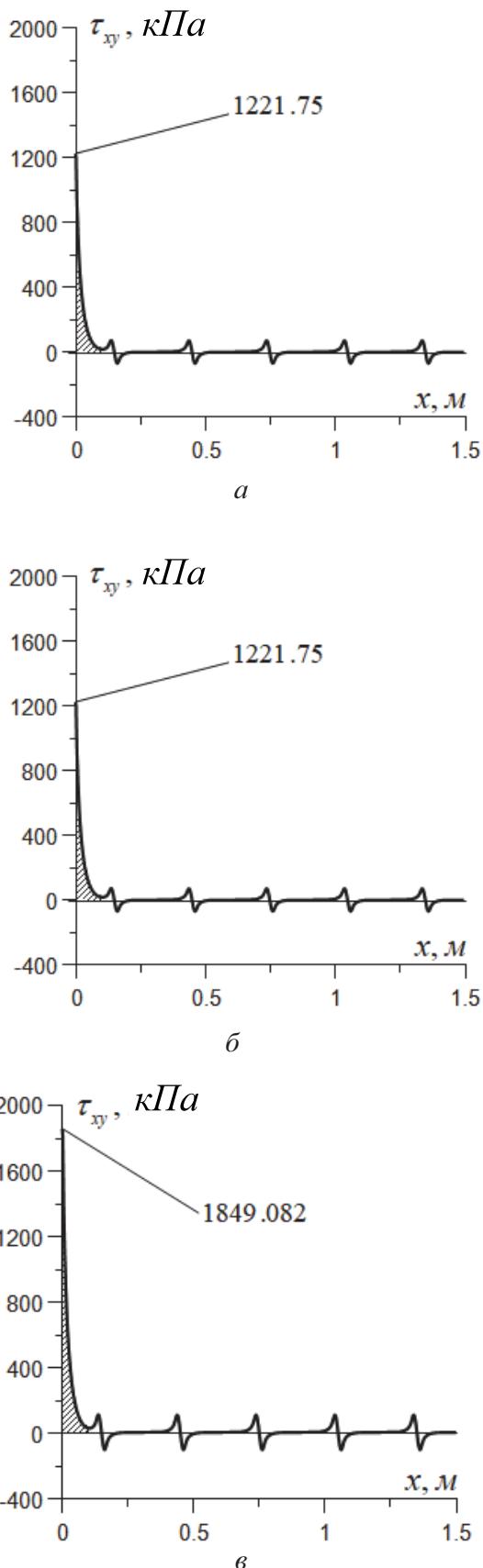


Рис. 3. Графіки функцій дотичних напруженень $\tau_{xy}(x)$ на площині контакту асфальтобетонного шару з металевою плитою моста для випадків $\alpha_T=1,9 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (а), $\alpha_T=2,4 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (б) і $\alpha_T=3 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (в)

Аналізуючи графіки сил $\tau_{xy}(x)$ і значення інтегралів $P(X)$, можна зробити висновки, що $\tau_{xy}(x)$ концентруються лише у прикрайовій зоні, а потім швидко набувають майже нульових значень. Водночас інтеграли $P(X)$ від сил $\tau_{xy}(x)$ є рівнодійними граничними напруженнями $\sigma_x(y)$ як у верхньому, так і в нижньому шарах і, оскільки інтеграли $P(X)$ практично не змінюються зі збільшенням X , поздовжні сили $P(X)$ також змінюються несуттєво.

Розрахунки підтвердили також положення, що зі збільшенням α_T для асфальтобетону напруження $\tau_{xy}(x)$ і сили $P(X)$ швидко зростають.

На рис. 4 показані графіки зміни за товщиною конструкції сил $\sigma_x(y)$ у її центральному перерізі для значень коефіцієнта α_T асфальтобетону. Верхні частини графіків відповідають шару асфальтобетону, нижні – сталевій основі.

У межах кожного шару ці функції розподілені лінійно, що узгоджується з теорією плит, причому у верхньому шарі переважають напруження додатного знаку (він розтягнуто вигнутий), у нижньому шарі напруження від'ємного знаку (він стисло вигнутий). Максимальні за модулем значення напружень наведені на графіках і зведені в таблицю. Зазначимо, що рівнодійна цих сил у всій товщині конструкції дорівнює нулю, тому виконується умова

$$\int_{(h_{ac\phi})} \sigma_{xx}(y) dy + \int_{(h_{cm})} \sigma_{xx}(y) dy = 0. \quad (7)$$

Аналізуючи значення силових характеристик, наведених на графіках і в таблиці, можна зауважити, що за того самого значення температури в розглянутій неоднорідній двошаровій конструкції поля напружень суттєво залежать від різниці коефіцієнтів теплового лінійного розширення її компонентів. Дійсно, наприклад, зі збільшенням α_T асфальтобетону приблизно у півтора рази напруження $\tau_{xy}(x)$ зросли приблизно втричі, а напруження σ_x – більше ніж утрічі.

Загальну картину термодеформованого стану системи з десяти секцій для трьох розглянутих випадків показано на рис. 5. Якісно ці випадки однакові і відрізняються лише стрілками прогину H , рівними різниці вертикальних переміщень країв системи та її середини. Ці значення становлять $H_1=0,0011$ м, $H_2=0,0029$ м, $H_3=0,0068$ м. Природно, що зі збільшенням коефіцієнта α_T величина H помітно зростає.

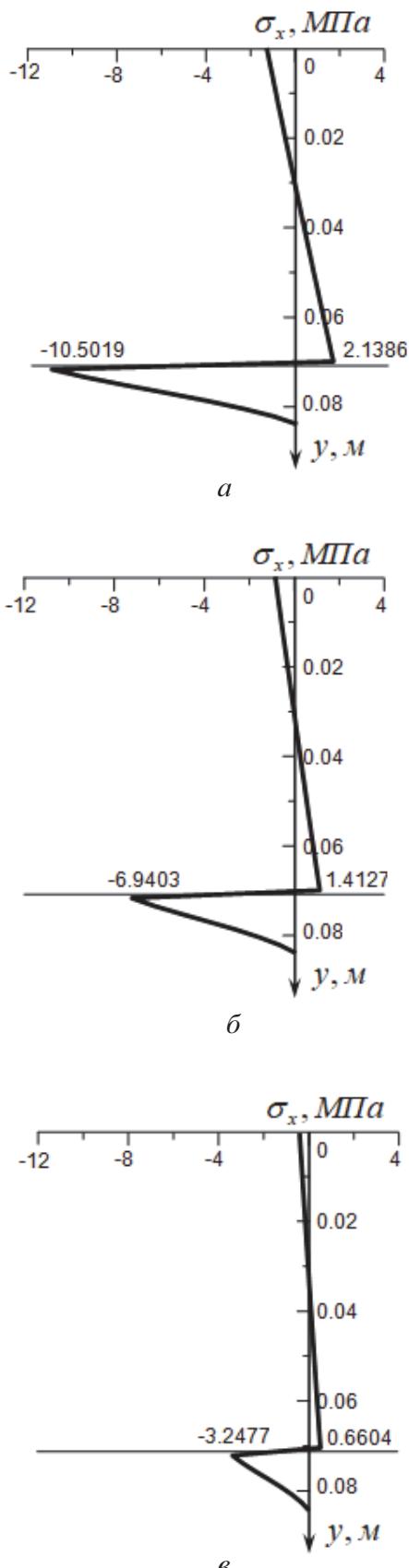


Рис. 4. Графіки функцій $\sigma_x(y)$ у вертикальному центральному перерізі для випадків $\alpha_T = 1,9 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (а), $\alpha_T = 2,4 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (б) і $\alpha_T = 3 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ (в)



Рис. 5. Схема перерізу конструкції мосту в термодеформованому стані

Висновки

1. Як показали численні дослідження, за розглянутих термічних збурень функції прогинів і поздовжніх переміщень системи є гладкими і мають порівняно малі значення, проте спричинені ними поля деформації та напружень є суттєво неоднорідними, і в місцях концентрації їхні величини є значними.

2. Величини термонапружень суттєво зростають зі зростанням різниці значень коефіцієнтів теплового лінійного розширення асфальтобетонного покриття та металевої основи моста. Причому найбільш помітною є концентрація дотичних напружень у крайовій зоні площини контакту шарів. Цей ефект може бути причиною явища початкового і наступного розшарування системи, що часто спостерігається на практиці.

З огляду на це можна рекомендувати проектувальникам мостів у виборі матеріалів конструкції уникати їхнього поєднання з великими різницями значень коефіцієнтів теплового розширення.

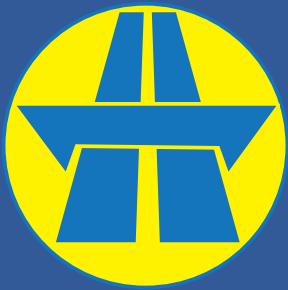
Література

- Гуляев В. І., Гайдайчук В. В., Мозговий В. В., Зась Ю. О., Шевчук Л. В., Шлюнь Н. В. Термопружний стан багатошарових дорожніх покріттів // Монографія – К.: НТУ, 2018. – 272 с.
- Гайдайчук В. В., Мозговий В. В., Густелев О. О., Шевчук Л. В. Аналіз деформування дорожнього покріття на металевій плиті південного моста / Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2019. – №1. – С. 31–39.
- Гайдайчук В. В., Мозговий В. В., Зась Ю. О., Шевчук Л. В. Моделювання напруженено-деформованого стану конструкції дорожнього одягу під дією транспортних навантажень // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2017. – Вип. 99 – С. 45–57.
- Гайдайчук В. В., Мозговий В. В., Зась Ю. О., Шевчук Л. В. Чисельне моделювання термонапруженого стану шаруватого покріття автомобільної дороги // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2017. – Вип. 98 – С. 56–71.
- Гуляев В. І., Гайдайчук В. В., Мозговий В. В., Густелев О. О., Зась Ю. О., Шевчук Л. В. Дослідження термонапруженого стану конструкції дорожнього одягу // Промислове будівництво та інженерні споруди, 2017, №1. – С. 6–12.
- Гуляев В. І., Шевчук Л. В., Куцман О. М. Сезонний перерозподіл полів напружень в конструкціях шаруватих покріттів доріг під дією транспортних навантажень // Вісник НТУ – К.:НТУ – 2018. – Вип. 40. С. 98–105.
- Дмитренко Ю. І. Механіка композитних матеріалів при високих температурах // – Фізмат, 2018. – 442 р.
- Кучер Н. К., Рязанов Р. А. Прогнозирование характеристики упругости слоистых односторонних углепластиков при повышенных // Вісник НТУУ "КПІ", серія Машинобудування, 2016. – №3 (78). – Р. 5–11.

9. Radovskiy, B., Mozgovoy, V. Ways to reduce low temperature cracking in Asphalt Pavements //In: 4th Eurobitume Symposium, Madrid. – 1989.
10. Yoder, E. J. Principles of pavement design.// – New York. John Wiley & sons, INC. London. Chapman & Hall, Ltd. 1991.
11. Huliaiev, V. I., Haidaichuk, V. V., Hustieliev, O. O., Shevchuk, L. V. Thermal Stress State of Layered and Inhomogeneous Pavement // International Applied Mechanics, 2021. – Vol. 57, №1. – P. 86–96.
12. Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A. Certain Mechanisms of Thermostress Field Variations in Layered Pavement Structures // Strength of Materials, 2020. – 52(6). – P. 930–938.
13. Ковалев Я. Н. Автомобильные дороги. Минск: Арт Дизайн, 2006, 352 с.
14. Радовский Б. С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. К: Полиграф Консалтинг, 2003, 252 с.
15. Сендецки Дж. Механика композитных материалов. Т.2. М.: Мир, 1978, 566 с.
16. Телтаев Б. Б. Деформации и напряжения в нежестких конструкциях дорожных одежд. Алматы: Казахская академия транспорта и коммуникаций им М.Тынышбаева, 1999, 217 с.
17. Чанг Н., Хаус Ф. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи. М.: Мир, 1988, 247 с.
18. Bahia, H. U., Zeng, M., Nam, K. Consideration of strain at failure and strength in prediction of pavement thermal cracking // J AAPT. – 2000. – 69. – P. 497–535.
19. Bouldin, M. G., Dongri, R., Rowe, G. M., Sharrock, M. J., Anderson, D. A. Predicting thermal cracking of pavements from binder properties // AAPT. – 2000. – 69. – P. 455–496.
20. Chen, E. Y., Pan, G. E., Norfolk, T. S., Wang, O. Surface loading of a multilayered viscoelastic pavement. //– Road Mat Pav Des 12:849-874 (2011)
21. Herve, D. B., Louis, F. Mechanical tests for bituminous materials. Recent improvements and future prospects // – Proceedings of the Fifth international RILEM Symposium MTBM LYON 97/France/14–16 MAI 1997. – P. 353–355.
22. Molenaar, A. A., Li, N. Prediction of compressive and tensile strength of asphalt concrete // Int J Pav Res Tech. – 2014. – 7. – P. 324–331.
23. Мозговий В. В., Онищенко А. М., Різниченко О. С. Методика проектування асфальтобетонних шарів зносу для міських умов // Вісник, 2010. – Части. 1. – С. 46–50.
24. Мозговой В. В. Повышение гидроизоляционной способности асфальтобетонного покрытия // Проблемы механики и строительства транспортных сооружений: Труды II Международной научно-практической конференции. Алматы. – 2015. – 54–60 с.
25. Коваленко А. Д. Основы термоупругости. К: Наукова Думка, 1970, 239 с.
26. Новацик В. Динамические задачи термоупругости. М.: Мир, 1970, 256 с.
27. Перельмутер А. В., Сливнер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007, 600 с.
5. Gulyayev, V. I., Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A., Shevchuk, L. V. Doslidzhennia termonapruzenoho stanu konstruktsiy dorozhnoho odiahu // Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy. – 2017. – No1. – P. 6–12.
6. Gulyayev, V. I., Shevchuk, L. V., Kutsman, O. M. Sezonnyy pererozpodil poliv napruzhen v konstruktsiyakh sharuvatych pokryttiv doroh pid diyeyu transportnykh navantazhen //Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu 2018. V. 40. – P. 98–105.
7. Dmytrenko, Yu. I. Mekhanika kompozytnykh konstruktsiy pry vysokykh temperaturakh (Mechanics of composite structures at high temperatures) / Yu.I. Dmytrenko// – Fizmatlit, 2018. – 442 p.
8. Kucher, N. K. Prohnozirovaniye kharakteristik upruhosti sloistykh odnonapravlennykh uholeplastikov pri povyshennykh tyemperaturakh (Prediction of the elastic characteristics of unidirectional laminated carbon plastics at elevated temperatures) / N.K. Kucher, R.A. Ryazanov // Visnyk NTUU "KPI", seriya Mashynobuduvannia, 2016. – №3 (78). – P.5–11.
9. Radovskiy, B., Mozgovoy, V. Ways to reduce low temperature cracking in Asphalt Pavements. / B. Radovskiy, V. Mozgovoy //In: 4th Eurobitume Symposium, Madrid. – 1989.
10. Yoder E. J. Principles of pavement design.// – New York. John Wiley & sons, INC. London. Chapman & Hall, Ltd. 1991.
11. Huliaiev, V. I., Haidaichuk, V. V., Hustieliev, O. O., Shevchuk, L. V. Thermal Stress State of Layered and Inhomogeneous Pavement // International Applied Mechanics, 2021. – Vol. 57, №1. – P. 86–96.
12. Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A. Certain Mechanisms of Thermostress Field Variations in Layered Pavement Structures // Strength of Materialthis, 2020. – 52(6). – P. 930–938.
13. Kovalyev, Ya. N. Avtomobilnye dorohi //– Minsk: Art Dizain, 2006, 352 c.
14. Radovskiy, B.S. Problemy mekhaniki dorozhno-stroitelnykh materialov i dorozhnykh odezhd //– K: Polyhraf Konsaltnyh, 2003, 252 p.
15. Sendecki, J. Myekhanika kompozitnykh matyerialov //– T.2. M.: Mir, 1978, 566 p.
16. Tyeltayev, B. B. Deformatsii i napryazhyeniyia v nezhyestkikh konstruktsiyakh dorozhnykh odezhd //– Almata: Kazakhskaiya akadyemiya transporta i kommunikatsiy im. M.Tynshbayeva, 1999, 217 p.
17. Chang, N., Howes, F. Nyelinyeynyje sinhuliarno vozmušchivnyye krayevyye zadachi //– M.: Mir, 1988, 247 p.
18. Bahia, H. U., Zeng, M., Nam, K. Consideration of strain at failure and strength in prediction of pavement thermal cracking // J AAPT. – 2000. – 69. – P. 497–535.
19. Bouldin, M. G., Dongri, R., Rowe, G.M., Sharrock, M. J., Anderson, D. A. Predicting thermal cracking of pavements from binder properties // AAPT. – 2000. – 69. – P. 455–496.
20. Chen, E. Y., Pan, G.E., Norfolk, T. S., Wang, O. Surface loading of a multilayered viscoelastic pavement. //– Road Mat Pav Des 12:849-874 (2011)
21. Herve, D. B., Louis, F. Mechanical tests for bituminous materials. Recent improvements and future prospects // – Proceedings of the Fifth international RILEM Symposium MTBM LYON 97/France/14–16 MAI 1997. – P. 353–355.
22. Molenaar, A. A., Li, N. Prediction of compressive and tensile strength of asphalt concrete // Int J Pav Res Tech. – 2014. – 7. – P. 324–331.
23. Mozgovyy, V. V., Onishchenko, A. M., Riznichenko, O. S. Metodyka proektuvannia asfaltobetonnykh shariv znosu dla miskykh umov // Visnyk, 2010. – Chast.1. – P. 46–50.
24. Mozgovyy, V. V. Povysheniye hidroyizolatsionnoyi sposobnosti asfaltobetonnoho pokrytiya // Problemy mekhaniki i stroityelstva transportnykh sooruzhyeniy: Trudy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfyeryentsii. Almaty– 2015. – 54–60 p.
25. Коваленко, А. Д. Основы термоупруности //– К: Naukova Dumka, 1970, 239 p.
26. Novatsky, V. Dinamicheskiye zadachi //– M.: Mir, 1970, 256 p.
27. Pyerelmutter, A.V., Slivker, V.I. Rashchetynyye modyeli sooruzhyeniy v vozmozhnost ikh analiza //– M.: DMK Press, 2007, 600 p.

References

1. Gulyayev, V. I., Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A., Shevchuk, L. V. Termopruznyi stan bahatosharovykh dorozhnikh pokryttiv // Monohrafia – K.: NTU, 2018. – 272 p.
2. Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Gustyelyev, O. O., Shevchuk, L. V. Analiz deformuvannia dorozhnoho pokryttia na metaleviy plity pivdennoho mosta // Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy. – 2019. – No 1. – P. 31–39.
3. Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A., Shevchuk, L. V. Modeliuvannia napruzheno-deformovanoho stanu konstruktsiy dorozhnoho odiahu pid diyeyu transportnykh navantazhen //Opir materialiv i teoriya sporud. – 2017. – V. 99 – P. 45–57.
4. Gaydaychuk, V. V., Mozgovyy, V. V., Zayets, Yu. A., Shevchuk, L. V. Chyselne modeliuvannia termonapruzenoho stanu sharuvatoho pokryttia automobilnoi dorohy //Opir materialiv i teoriya sporud. – 2017. – V. 98 – P.56–73.



**Державне підприємство
«Державний дорожній
науково-дослідний інститут
імені М. П. Шульгіна»
(ДП «ДерждорНДІ»)**

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

БУДІВЕЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ – КОШТОРИС



На сьогодні ПК «Будівельні Технології – КОШТОРИС» є галузевим програмним комплексом, який рекомендований листом Мінрегіону від 16.03.2001 року № 7/7-208 та Наказом Укравтодору № 6 від 10.01.2008 року та № 684 від 07.12.2008 року. Програмний комплекс дозволяє достовірно визначити вартість дорожніх робіт відповідно до вимог національних та галузевих стандартів із ціноутворення.

БУДІВЕЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ – КОШТОРИС ПВР



ПК «Будівельні Технології – КОШТОРИС» ПВР, рекомендований листом Мінрегіону від 14.11.06 № 10/10-1188, дозволяє формувати всі види кошторисів на проектно-вишукувальні, науково-дослідні роботи в будівництві, розраховувати вартість експертизи та категорії складності об'єктів будівництва відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 та ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013.

ІДС «БУДСТАНДАРТ: УКРАВТОДОР»



Це електронна бібліотека нормативних документів у галузі проєктування, будівництва та промисловості будівельних матеріалів. У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій ІДС «БУДСТАНДАРТ: Укравтодор» повністю задовольняє потреби спеціалістів дорожньої галузі, відкриваючи їм доступ до найповнішої бази документів та забезпечуючи економію часу та коштів.

З питань придбання програмних продуктів звертатися за адресою:
Україна, 03113, м. Київ, просп. Перемоги, 57, тел./факс: (044) 201-08-47,
e-mail: mcdm@ukr.net, web: www.dorndi.org.ua