

ДП "ДержавтрансНДІпроект"
ДП "ДерждорНДІ"
НТУ

Науково-виробничий журнал
"Автошляховик України"
Періодичність 4 рази на рік
№ 1 (265)'2021
(березень)

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 С. В.

Бородіна Н. А.

Вирожемський В. К.

Гутаревич Ю. Ф.

Дмитрієв М. М.

Золотарьов В. О.

Каськів В. І.

Клименко О. А.

Колесник Ю. Р.

Криворучко О. М.

Luty Witold

Мержиевський В. В.

Мозговий В. В.

Нагайчук В. М.

Поліщук В. П.

Редзюк А. М.

Сахно В. П.

Sterenharz Arnold

Шинкаренко В. Г.

Випусковий редактор:
Копаниця І. В.

ISSN: 0365-8392

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-1-265

Передплатний індекс – 74 000

Індексується:
Ulrichsweb
CrossRef
Google Scholar

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

Новікова А. М., Велісевич М. К., Поспішина О. В.
Визначення та вимірювання критерій якості послуг громадського
транспорту з урахуванням досвіду ЄС 2

Бородіна Н. А., Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Третяк О. О.
Особливості ергономічної оцінки ручного електроінструменту 12

Симоненко Р. В.
Оцінювання рівня розвитку телематичного забезпечення системи
"колісні транспортні засоби – інфраструктура" 22

Тернюк М. Е., Красноштан О. М.
Метод проектування розвитку інноваційних транспортних систем 30

Фонд нормативних документів ДП «ДержавтрансНДІпроект» 35

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Сахно В. П., Матейчик В. П., Федоров В. В., Каськів В. І.
До обґрунтування застосування шумозахисних екранів із високими
шумопоглинаючими властивостями 36

Зустріч голови Укравтодору з науковцями ДП "ДерждорНДІ" 42

Онищенко А. М., Зеленовський В. А.
Аналіз експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей
епоксиасфальтобетону для його застосування у якості мостового
покриття на автомобільних дорогах 47

Про перенесення семінару 51

Литвиненко А. С.
Визначення нормативних значень механічних показників
зв'язних ґрунтів за даними динамічного зондування 52

Ольхова М. Ю
Вставки розмічальні дорожні. Історія виникнення.
Технічний аналіз та роль у безпеці дорожнього руху 56

Звіт за результатами проведення XVIII міжнародної спеціалізованої
виставки КомунТех–2020
та XI спеціалізованої виставки ДорТехЕкспо–2020 64

Мови видання: українська, російська та англійська.

Макетування: Шеканова Т. В.

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

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

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: ikopanytsya@insat.org.ua

Підписано до друку 25.03.2021

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

Ум. друк. арк. 7,9. Зам. 946.

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

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

© А. М. Новікова, докт. екон. наук, нач. Центру наукових досліджень комплексних транспортних проблем,
e-mail: anovikova@insat.org.ua,
ORCID: 0000-0002-7165-8673;

© М. К. Велісевич, ст. наук. співробітник відділу пасажирських та вантажних перевезень, e-mail: nvelisevich@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-4724-4478

© О. В. Пospishna, провід. інженер відділу пасажирських та вантажних перевезень, e-mail: opospishna@insat.org.ua, ORCID: 0000-0003-0549-1454
(ДП "ДержавтотрансНДПроект")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-1-265-2-11

© Alla Novikova, Doctor of Economics (D.Sc.),
Head of the Research Center of Complex Transport Problems,
e-mail: anovikova@insat.org.ua,
ORCID: 0000-0002-7165-8673

© Mykola Velisevich, Senior Researcher
Passenger and Cargo 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")

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМІРЮВАННЯ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ПОСЛУГ ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

DEFINITION AND MEASUREMENT QUALITY CRITERIAS OF PUBLIC PASSENGER TRANSPORT SERVICE ACORDING TO THE EUROPEAN UNION EXPERIENCE

Анотація. Викладено можливі шляхи вирішення науково-прикладного завдання щодо запровадження системи управління якістю послуг громадського транспорту з урахуванням досвіду Європейського Союзу.

Головним методом досягнення поставленої мети є розробка і запровадження національних стандартів щодо визначення критеріїв якості послуг пасажирського транспорту та систем їх вимірювання, в основу яких покладені ідентичні переклади двох європейських стандартів: EN 15140:2006 та EN 13816:2002.

Передбачається визначення восьми основних критеріїв якості послуг та запровадження трьох основних методів вимірювання цих критеріїв. Наведено приклади вимірювання визначених критеріїв.

Зазначені стандарти призначенні для застосування на всіх видах наземного транспорту (автомобільному, залізничному, міському електричному та метро). Під час створення проектів відповідних систем для певного виду транспорту потрібно використовувати відповідні частини цих стандартів. Розроблена принципова схема дій щодо управління якістю послуг громадського транспорту.

Практична значущість результатів виконаної роботи полягає в тому, що національні стандарти якості створять можливість об'єктивного встановлення чітких правил до типів і змісту рамкових угод, які мають використовуватись у процедурі публічних закупівель послуг громадського транспорту, що в кінцевому результаті забезпечить підвищення якості цих послуг. Це особливо важливо в умовах реформи адміністративно-територіального устрою України, коли змінюється автобусна маршрутна мережа.

Ключові слова: вимірювання якості послуг, громадський транспорт, задоволення потреб споживачів, стандарти, якість послуг пасажирського транспорту.

Аннотация. Изложены возможные пути решения научно-прикладной задачи по определению и измерения критерии качества услуг общественного транспорта с учетом опыта Европейского Союза.

Главным методом достижения поставленной цели является разработка и внедрение национальных стандартов по определению критериев качества услуг пассажирского транспорта и систем их измерения, в основу которых положены идентичные переводы двух европейских стандартов: EN 15140: 2006 и EN 13816: 2002.

Предусматривается определение восьми основных критериев качества услуг и внедрения трех основных методов измерения этих критериев. Представлены расширенные примеры методов измерения качества услуг общественного транспорта.

Указанные стандарты предназначены для применения на всех видах наземного транспорта (автомобильном, железнодорожном, городском электрическом и метро). При создании проектов соответствующих систем для определенного вида транспорта нужно использовать соответствующие части этих стандартов. Разработана принципиальная схема действий по управлению качеством услуг общественного транспорта.

Практическая значимость результатов выполненной работы заключается в том, что национальные стандарты качества создадут возможность объективного установления четких правил типам и содержания рамочных соглашений, которые должны использоваться в процедуре публичных закупок услуг общественного транспорта, что в конечном итоге обеспечит повышение качества этих услуг. Это особенно важно в условиях реформы административно-территориального устройства Украины, когда изменяется автобусная маршрутная сеть.

Ключевые слова: измерение качества услуг, общественный транспорт, удовлетворение потребностей потребителей, стандарты, качество услуг пассажирского транспорта.

Abstract. The article outlines possible ways to solve the scientific and applied problem of defining and measuring the quality criteria of public transport services, taking into account the European Union experience.

The main method of achievement this goal is the development and implementation national standards for defining quality criteria for passenger transport services and their measurement systems. They are based on identical translations two European standards: EN 15140:2006 and EN 13816:2002.

Standarts provide the definition eight main criterias of service quality and three main methods of measuring these criterias. The paper presents examples of measuring certain criterias.

These standards are intended for using by all modes of land transport (road, rail, urban electric and subway). The relevant parts of these standards have be used during designing appropriate systems for a particular mode of transport,

The basic scheme of actions concerning management of quality of services of public transport is developed. Extended examples of methods for measuring the quality of public transport services are provided.

The practical significance of the results are: national quality standards will be allowed; clear rules of framework agreements the public procurement procedure for transport services are established; the quality of transport services will improved. This is especially important in the context of the administrative-territorial reform Ukraine, when the bus route network changes.

Keywords: measurement of service quality, public passenger transport, satisfaction of consumer needs, standarts, passenger transport services.

Вступ

Законом України "Про автомобільний транспорт" (стаття 31) передбачено, що у договорах органів виконавчої влади із перевізниками на перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування визначаються показники якості транспортного обслуговування населення.

Національною транспортною стратегією України на період до 2030 року, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р, зазначено, що потреби населення в пасажирських перевезеннях в основному задовольняються за кількісними показниками, але якість послуг не задовольняє споживачів, тому передбачається розроблення системи управління якістю послуг громадського пасажирського транспорту.

Згідно з Угодою про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, Україна повинна імплементувати Регламент (ЄС) № 1370/2007 Європейського Парламенту і Ради про громадські послуги з перевезення пасажирів залізничним і автомобільним транспортом, яким визначено, що організатор перевезень включає в умови проведення конкурсів чи конкурентних торгів щодо надання громадських послуг з перевезення пасажирів вимоги до якості послуг, реалізація яких потребує запровадження механізму вимірювання послуг, згідно з національними стандартами якості.

Наразі такі стандарти відсутні. У органів виконавчої влади – організаторів перевезень немає

ні індикаторів якості послуг, ні механізмів вимірювання рівня якості послуг, досягнення яких вони і надавачі послуг – перевізники повинні за-безпечувати за договором з організатором пере-везень.

Вирішення цієї проблеми набуває особливої актуальності у зв'язку з ухваленням Верховною Радою України 17 липня 2020 року адміністративно-територіальної реформи, згідно з якою передбачається утворення замість 490 районів 136 нових, що створить необхідність перегляду всієї мережі автобусних маршрутів і підвищення якості послуг на них.

Метою запровадження стандартів якості є підвищення рівня якості послуг пасажирського автотранспорту шляхом запровадження в Україні системи управління якістю цих послуг, в основі якої будуть національні стандарти, розроблені з використанням досвіду Європейського Союзу.

Головним методом досягнення поставленої мети є розроблення та запровадження національних стандартів щодо визначення критеріїв якості послуг пасажирського транспорту та систем їх вимірювання, в основу яких покладені ідентичні переклади двох європейських стандартів:

– ДСТУ EN 13816:20 (EN 13816:2002, IDT) "Транспорт. Логістика та послуги. Громадський пасажирський транспорт. Визначення якості послуг, орієнтація та вимірювання" [5];

ДСТУ EN 15140:20 (EN 15140:2006, IDT) "Громадський пасажирський транспорт. Основні вимоги та рекомендації щодо систем, які вимірюють надану послугу" [6].

Ці європейські стандарти розроблені для застосування на всіх видах наземного транспорту: автомобільного, залізничного, міського електротранспорту (тролейбус, трамвай та метро). Під час створення проектів визначених систем за видами транспорту потрібно використовувати відповідні частини цих стандартів.

Основна частина

Розроблення зазначених національних стандартів за поданням Технічного комітету 80 "Дорожній транспорт" включено до Програми робіт із національної стандартизації на 2020 рік (тема № 0574-2020 та № 0575-2020).

Здійснено фахове опрацювання зазначених стандартів ДП "ДержавтотрансНДПроект" з врахуванням вимог українського законодавства. Станом на жовтень 2020 року на сайті ДП "УкрНДНЦ" опубліковані повідомлення про розробку перших редакцій зазначених стандартів.

Прийняття цих стандартів, як національних стандартів України, дасть змогу формувати оцінку діяльності громадського транспорту з позицій якості послуг, що надаються, та зосередження уваги виконавчих органів влади на потребах та очікуваннях споживачів, визначивши процедури, які:

– забезпечать першочерговий розгляд відповідальними сторонами (органами виконавчої влади і перевізниками) питань, які варто вирішити для задоволення потреб споживачів;

– дадуть змогу споживачам і фахівцям об'єктивно порівнювати вимоги щодо якості послуг від альтернативних постачальників за певними критеріями якості, а органам виконавчої влади – організаторам перевезень визначати індикатори рівня послуг, яких потрібно досягти на відповідних мережах;

– установлять гармонізований з європейськими стандартами єдині вимоги до системи якості громадських послуг із перевезення пасажирів, їх оцінювання та запровадження системи управління якістю послуг. Надання чинності цьому стандарту створить реальну можливість застосування в Україні досвіду ЄС щодо підвищення якості громадських послуг.

Гармонізація зі стандартами ЄС містить суттєву кількість критеріїв якості, які не застосовувались під час визначення постачальника послуг громадського пасажирського транспорту – перевізника, таких, наприклад, як комфортність поїздки, захист від злочину, від ДТП, від викидів транспортного засобу.

Стандарти, окрім вимог до критеріїв якості та методів їх вимірювання, включають також рекомендації щодо співпраці між органами влади та перевізниками щодо партнерства та застосування методів посилення мотивації перевізників для досягнення встановлених критеріїв якості. Рекомендується в тендерних документах і договорах із перевізником щодо умов надання послуги відповідно до цих стандартів включати вимоги до рівня якості. Органи виконавчої влади можуть розробляти і користуватися однією (з постачальниками послуг) системою управління якістю надання послуг із чітким розділенням зобов'язань або мати окремі узгоджені системи.

Відповідно до EN 13816:2006, вимірювання якості наданих послуг є частиною циклу якості обслуговування, де вибір критеріїв якості та відповідних заходів може одночасно відображати та визначати певні аспекти якості. Вимірювання є цінним інструментом управління та мотивації за умови, що воно призводить до вдосконалення рівня якості.

Стандартами передбачаються чотири цикли якості обслуговування (**схема 1**).

Стандартами передбачається визначення восьми критеріїв якості послуг:

- 1) достатність послуги;
- 2) доступність послуги;
- 3) інформаційність (системний моніторинг);
- 4) раціональне планування перевезень;
- 5) сервіс для пасажирів;

стю, яка практично інтегрується в загальну систему на певній території.

Створенню системи управління якістю послуг пасажирського транспорту повинні передувати дії з виконання значних за обсягом організаційно-підготовчих заходів і забезпечення постійного функціонування системи та її уdosконалення. Порядок дій із впровадження системи якості та управління нею викладений на **схемі 3**.

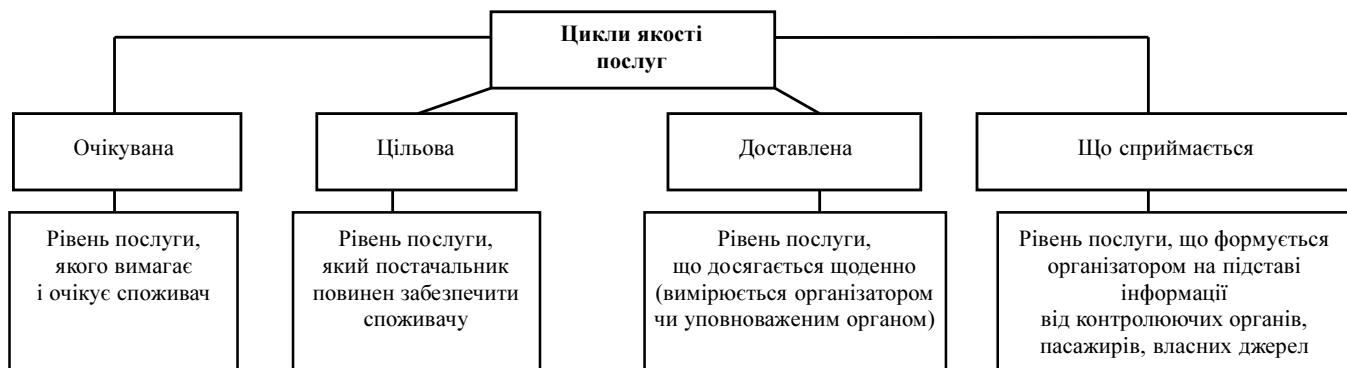


Схема 1. Цикли якості послуг

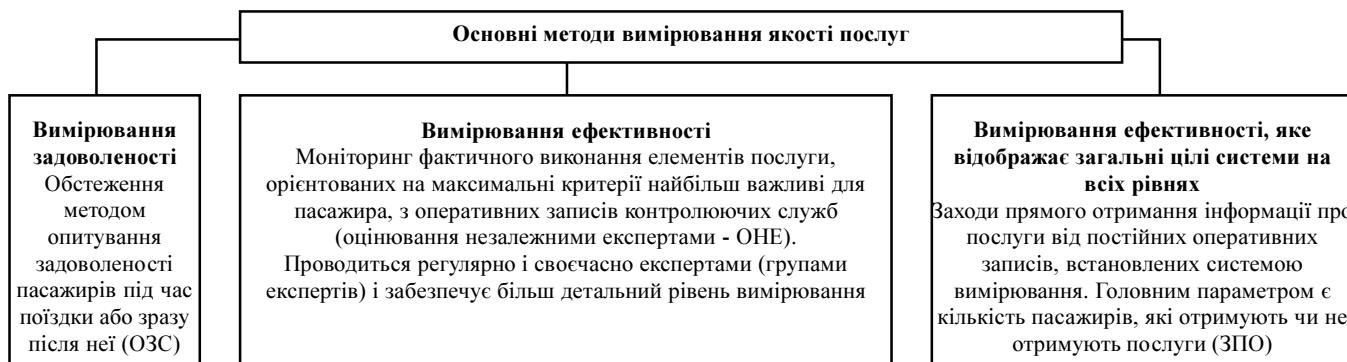


Схема 2. Основні методи вимірювання

- 6) комфортність транспортного засобу та обслуговування пасажира;
- 7) безпека – почуття захищеності пасажира;
- 8) екологічний вплив.

Для вимірювання якості виконання послуг для кожного критерію варто використовувати відповідні методи (**схема 2**).

Зазначені критерії якості поділяються на три рівні, представлені у **табл. 1**.

Створення системи управління якістю послуг громадського пасажирського транспорту на певній території: громади, міста, району, області повинні забезпечувати відповідні органи виконавчої влади. Постачальник послуг – перевізник може створювати свою систему управління які-

Висновки

Запровадження вимог національних стандартів якості послуг громадського транспорту під час укладання договорів організатора перевезень із постачальником цих послуг дасть змогу встановити вимірні показники якості послуг та їх контролю.

Порогові значення критеріїв якості, що передбачаються стандартами, окреслюють цілі, які організатор перевезень буде визначати в системі управління якістю послуг на певній мережі маршрутів чи на певній території (місто, об'єднана територіальна громада, район). Досягнення цих цілей буде характеризувати ефективність громадського транспорту і в результаті приведе до підвищення якості послуг.

Таблиця 1

Критерії якості послуг громадського пасажирського транспорту

Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
1	2	3
1. Достатність	1.1 Режими 1.2 Мережа 1.3 Експлуатація 1.4 Придатність 1.5 Надійність	1.2.1 відстань від точки <i>b</i> до точки <i>a</i> 1.2.2 потреба в пересадках 1.2.3 охоплена територія 1.3.1 години роботи 1.3.2 інтервали 1.3.3 коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу
2. Доступність	2.1 Зовнішня доступність та можливість користування іншими видами транспорту 2.2 Внутрішня пристосованість для користування 2.3 Можливість придбання квитків	2.1.1 для пішоходів 2.1.2 для велосипедистів 2.1.3 для користувачів таксі 2.1.4 для приватних користувачів автомобілів 2.2.1 входи / виходи 2.2.2 внутрішній рух 2.2.3 переїзд на інші режими громадського транспорту 2.3.1 придбання в мережі 2.3.2 придбання поза мережею 2.3.3 придбання під час перевірки
3. Інформація	3.1 Загальна інформація 3.2 Інформація про умови перевезень 3.3 Інформація про послуги транспортної інфраструктури	3.1.1 про наявність 3.1.2 про доступність 3.1.3 про джерела інформації 3.1.4 про час подорожі 3.1.5 про обслуговування клієнтів 3.1.6 про комфорт 3.1.7 про безпеку 3.1.8 про вплив на навколишнє середовище 3.2.1 вуличні напрямки 3.2.2 ідентифікація в точці 3.2.3 знаки прямування транспортного засобу 3.2.4 про маршрут 3.2.5 про час 3.2.6 про вартість проїзду 3.2.7 про тип квитка 3.3.1 про поточну / прогнозну мережу статус 3.3.2 про наявні альтернативи 3.3.3 про повернення/ відшкодування 3.3.4 про пропозиції та скарги 3.3.5 про втрачене майно
4. Час	4.1 Тривалість часу поїздки 4.2 Дотримання графіку	4.1.1 планування поїздки 4.1.2 доступ / вихід 4.1.3 в <i>b</i> / <i>a</i> -точках та під час пересадок 4.1.4 в транспортному засобі 4.2.1 пунктуальність 4.2.2 регулярність

Продовження таблиці 1

Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
1	2	3
5. Задоволення перевізниками і організаціями перевезень потреб споживачів	5.1 Зобов'язання 5.2 Задоволення звернень і запитів споживачів (пасажирів) 5.3 Робота персоналу 5.4 Допомога 5.5 Варіанти оформлення квитків	5.1.1 орієнтація на споживача 5.1.2 інновації та ініціативність 5.2.1 запити 5.2.2 скарги 5.2.3 відшкодування збитків 5.3.1 доступність 5.3.2 комерційне ставлення 5.3.3 навички 5.3.4 зовнішній вигляд 5.4.1 за умови перебоїв у обслуговуванні 5.4.2 для пасажирів, які потребують допомоги 5.5.1 гнучкість 5.5.2 концесійні тарифи 5.5.3 за допомогою квитків 5.5.4 варіанти оплати 5.5.5 послідовний розрахунок цін
6. Комфорт	6.1 Зручність для пасажира користування транспортом і інфраструктурою 6.2 Місце для відпочинку та особистий простір 6.3 Комфорт для поїздки 6.4 Умови навколишнього середовища 6.5 Додаткові засоби 6.6 Ергономіка	6.1.1 в b / a-пунктах 6.1.2 у транспортних засобах 6.2.1 у транспортному засобі 6.2.2 в b / a-пунктах 6.3.1 водіння 6.3.2 пуск / зупинка 6.3.3 зовнішні фактори 6.4.1 атмосфера 6.4.2 захист від погоди 6.4.3 чистота 6.4.4 яскравість 6.4.5 затори 6.4.6 шум 6.4.7 інша небажана діяльність 6.5.1 туалети / вмивання 6.5.2 багаж та інші предмети 6.5.3 спілкування 6.5.4 закуски 6.5.5 комерційні послуги 6.5.6 розваги 6.6.1 легкість руху 6.6.2 дизайн
7. Безпека	7.1 Захист від злочину 7.2 Захист від ДТП 7.3 Управління аварійними ситуаціями	7.1.1 превентивна конструкція 7.1.2 освітлення 7.1.3 візуальний моніторинг 7.1.4 присутність персоналу / поліції 7.1.5 визначені пункти допомоги 7.2.1 наявність / видимість опор, Наприклад, поручні 7.2.2 уникнення / видимість небезпек 7.2.3 активне уbezпечення персоналом 7.3.1 засоби та плани

Продовження таблиці 1

Рівень 1 1	Рівень 2 2	Рівень 3 3
8. Вплив на навколишнє середовище	8.1 Забруднення 8.2 Природні ресурси 8.3 Інфраструктура	8.1.1 вихлопи 8.1.2 шум 8.1.3 візуальне забруднення 8.1.4 вібрація 8.1.5 пил та бруд 8.1.6 запах 8.1.7 відходи 8.1.8 вплив електромагнітних коливань 8.2.1 використання енергетичних джерел 8.2.2 використання земельних ділянок 8.3.1 вплив вібрації 8.3.2 зношення автодороги/ залізниці тощо. 8.3.3 рівень використання наявних ресурсів 8.3.4 вплив на інші види діяльності

Таблиця 2

Деякі приклади заходів щодо ефективності та задоволення, які використовуються в громадському пасажирському транспорті

Критерії 1	Заходи задоволення 2	Заходи виконання 3
6. Комфорт 6.1 Інфраструктура для обслуговування Зручність споруд для пасажирів	ОЗС – відповідність пасажиромісткості транспортного засобу потребам пасажирів (пасажиропотоку)	Цільова ефективність: Вимірювання ефективності: Затверджені стандарти комфорту Цільова ефективність: Узгоджений стандарт комфорту Вимірювання ефективності: ЗПО – підрахунок пасажирів / завантаження проти запланованих рівнів; ЗПО – % відповідності категорії та пасажиромісткості транспортного засобу виду маршруту, на якому здійснюється перевезення
6.2 Сидіння та особистий простір		
6.3 Комфорт для їзди	ОЗС – водіння ОЗС – комфорт та чистота автомобіля	Цільова ефективність: Узгодженні стандарти комфортного руху Вимірювання ефективності: ЗПО – % поїздок відповідно до узгоджених стандартів; ЗПО – частка пасажирів, перевезення яких здійснюється у транспортних засобах, які відповідають технічним вимогам щодо якості поїздки; ОНЕ – якість поїздки/ безпечность перевезень
6.4 Умови навколишнього середовища	ОЗС -станція / зупинка ОЗС – середовище подорожі ОЗС – чистота ОЗС – середовище транспортного засобу	Узгоджений стандарт навколишнього середовища Вимірювання ефективності: – Загальне середовище перевезень ОНЕ – навколишнє середовище; ОНЕ – шум; ОНЕ – температура – Чистота ОНЕ – чистота
6.5 Додаткові зручності споруди (засоби)	ОЗС – наявність відповідного облаштування Доступність автостанцій	Цільова ефективність: Надання послуг відповідно до визначених категорій пасажирів

Критерії	Заходи задоволення	Заходи виконання
		3
	та зупинок ГПТ ОЗС – додаткові зручності на борту	Вимірювання ефективності: ОНЕ – інші пункти В/А або бортові засоби ОНЕ – засоби в робочому стані
6.6 Ергономіка	ОЗС – дизайн станцій / зупинок	Цільова ефективність: Дизайн пунктів В/А, що відповідають потребам пасажирів Вимірювання ефективності: ОНЕ – В/А бали відповідають критеріям дизайну

Умовні позначення:

ОЗС – опитування задоволеності споживачів; **ОНЕ** – опитування незалежними експертами; **ЗПО** – заходи прямого отримання інформації про послуги, що надаються; **ГПТ** – громадський пасажирський транспорт

Таблиця 3

Розширені приклади методів вимірювання

Критерій	Конкретні приклади визначень	
	1	2
3. Інформація		<ul style="list-style-type: none"> – ОНЕ: наявність інформації на зупинках / станціях – % пасажирів, що користуються зупинками, де надається інформація що відповідає вимогам затверджених стандартів Оцінка незалежними експертами рівня відповідності інформації, що надається пасажирам, вимогам затверджених стандартів. Ефективність визначається шляхом порівняння з критеріями стандарту. Рівень обслуговування, нижчий мінімального критерію стандарту, оцінюється як неприйнятний. Оцінювання здійснюється у співвідношенні до кількості пасажирів на зупинках.
4. Час		<ul style="list-style-type: none"> – Загальний і понаднормовий середній час поїздки пасажира Цей показник характеризує тенденцію щодо оптимізації (мінімізації) середнього часу поїздки пасажира. Дані про ефективність та вибікові опитування використовуються для визначення середнього часу, витраченого на поїздку пасажира загалом по системі. Визначається співвідношенням часу поїздки до часу, витраченого на пересадки або очікування визначеного дослідженнями. Показник загального часу поїздки погіршується витратою на: час доступу, входу – виходу (метро, залізничні вокзали, аеропорти), час придбання квитка та час очікування на платформі. Понаднормовий середній час поїздки пасажира визначається різницею між фактичним загальним середнім часом поїздки порівняно із запланованим часом у дорозі (середнє перевищення часу в дорозі).
5. Обслуговування клієнтів		<p>Рівень (у відсотках-%) обслуговування пасажирів відповідним вимогам затвердженого стандарту.</p> <p>Для визначення рівня обслуговування пасажирів здійснюється незалежне оцінювання експертами відповідності стандартам послуг, що надаються пасажирам у касах.</p> <p>Незалежний експерт, що оцінює відповідність послуг які надаються пасажирам у касах перевіряє, чи послуга, яка надається в касах відповідає стандарту за такими ознаками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – касу легко знайти; – в касі достатня кількість вікон для обслуговування пасажирів; – освітлення в касовому залі та організація продажу квитків відповідає затвердженим критеріям; – наявність достатньої кількості персоналу та ввічливе обслуговування пасажирів;

Продовження таблиці 3

Критерій	Конкретні приклади визначень
1	2
	<p>– можливість вибору способів оплати проїзду.</p> <p>Для визначення % рівня обслуговування пасажирів застосовується розрахунок співвідношення критеріїв послуг до середньої кількості пасажирів, що користуються послугами каси.</p>
6. Комфорт	<p>– ОНЕ – відчуття навколошньої зручності</p> <p>Незалежні експерти оцінюють критерії, які пасажири вважають важливими аспектами послуг, такі як рівень перевищення пасажиромісткості транспортних засобів чи відповідність площині станцій пасажиропотоку та частота і доступність за критеріями заздалегідь визначених стандартів.</p> <p>На станціях метрополітену визначається відповідність кількості та технічного стану наявних ескалаторів, періодичність обслуговування та рівень їх можливості забезпечити обслуговування очікуваного пасажиропотоку у відповідний часовий інтервал.</p>
7. Безпека	<p>ОЗС – безпека перевезень та особиста безпека пасажирів</p> <p>Оцінка задоволеності пасажирів послугою за аспектами їхнього сприйняття особистої безпеки як на станціях, так і в поїздах здійснюється шляхом їх опитування відразу після закінчення поїздки.</p> <p>Експерти запитують у пасажирів наскільки вони були задоволені з погляду особистої безпеки під час всієї поїздки, використовуючи цифрову шкалу від X до XX, де XX – задоволений, а X – незадоволений.</p>
8. Навколошнє середовище	<p>– Поводження з відходами</p> <p>– Загальна маса (в тоннах) твердих речовин відходів, які не можна повторно використовувати або здійснити їх переробку</p> <p>Контрольовані тверді відходи, зібрани за допомогою внутрішніх процесів збирання відходів вимірюються, щоб забезпечити моніторинг досягнення цільового рівня відходів.</p> <p>– Викиди відпрацьованих газів автобусом</p> <p>Викиди автобуса не повинні перевищувати максимум 70 % від верхнього значення визначеного національним законодавством.</p>

Умовні позначення:

OZC – опитування задоволеності споживачів; **ONE** – опитування незалежними експертами

Національні стандарти якості створяють можливість об'єктивного встановлення чітких правил до типів і змісту рамкових угод, які мають використовуватись стосовно процедур публічних закупівель послуг громадського пасажирського транспорту.

References

1. About Road Transport [Pro automobilnyi transport. The Law of Ukraine, 5 April, 2001, № 2344-III]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>. [In Ukraine]
2. About Public Procurement [Pro publichni zakupivli. The Law of Ukraine, 25 December, 2015, № 922-VIII]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19>. [In Ukraine]
3. About the Statement Rules of Rendering of Services of Passenger road transport [Pro zatverdzhenna 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]

4. About the Statement the Order of carrying out competition on transportation of passengers on a public bus route [Pro zatverdzhenna poryadku provedennya konkursu z perevethennya pasazhyryv na autobusnomu marshruti zagalnogo korystuvannya, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine,3 December, 2008], – Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1081-2008-%D0%BF#Text>. [In Ukraine]

5. EN 13816:2002 Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement. Retrieved from <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/3e200479-ad74-4a53-95c6-db473da922fb/en-13816-2002>

6. EN 13816:2006 Public passenger transport – Basic requirements and recommendations for systems that measure delivered service quality. Retrieved from https://ec.europa.eu/eip/ageing/standards/city/transportation/en-138162002_en.html



Схема 3. Принципова схема дій щодо управління системою якості послуг громадського пасажирського транспорту



РОЗПОЧАЛАСЯ ПЕРЕДПЛАТА НА 2021 РІК (№ 1 (березень), № 2 (червень), № 3 (вересень), № 4 (грудень))

"Автошляховик України" – науково-виробничий журнал для фахівців автомобільного транспорту та дорожнього господарства, видається з 1960 року.

На його сторінках друкуються матеріали про сучасні технології, наукові дослідження та розробки, висвітлюються питання організації економіки виробництва, впровадження системи управління якістю транспортно-дорожнього комплексу, а також інформація про нові експлуатаційні й будівельні матеріали.

Передплатити журнал можна в усіх поштових відділеннях через Каталог періодичних видань України ДП "Преса":

передплатний індекс – 74000,

через сайт: www.smartpress.com.ua або безпосередньо через редакцію часопису: www.journal.insat.org.ua

З питань замовлення журналів, надання публікацій, розміщення реклами звертайтеся у редакцію:

ikorpanytsya@insat.org.ua, +38 044 201-08-69

© Н. А. Бородіна, докт. техн. наук, ст. наук. співробітник, професор кафедри технологій навчання, охорони праці та дизайну, e-mail: ignsborodina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5942-5658
(Bілоцерківський інститут неперервної професійної освіти);
© С. І. Чеберячко, докт. техн. наук, професор, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, e-mail: sicheb@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3281-7157;
© О. В. Дерюгін, канд. техн. наук, доцент кафедри управління на транспорті, e-mail: deryugin_o@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2456-7664;
© О. О. Третяк, канд. техн. наук, доцент кафедри управління на транспорті, e-mail e-mail: elena.novikova.ut@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7542-9392
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка")

© Nataliia Borodina, Doctor of Technical Science (D.Sc.), Senior Researcher, professor of department of technologies of study, labor protection and design, e-mail: ignsborodina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5942-5658 (Bilotserkivsky Institute of Continuous Professional Education);
© Serhii Cheberiachko, Doctor of Technical Science (D.Sc.), Professor, Professor of the Department of Labour Protection and Civil Safety, e-mail: sicheb@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3281-7157;
© Oleg Deryugin, Candidate of Technical Science (PhD), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transportation Management, e-mail: deryugin_o@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2456-7664
© OlenaTretyak, Candidate of Technical Science (PhD), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transportation Management, e-mail: elena.novikova.ut@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7542-9392 (Dnipro University of Technology)

ОСОБЛИВОСТІ ЕРГОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ РУЧНОГО ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТУ

FEATURES OF ERGONOMIC EVALUATION OF MANUAL POWER TOOLS

Анотація. Ручний електроінструмент – невід'ємний елемент будь-якого виробничого процесу. Сучасний електроінструмент характеризується експлуатаційними, споживчими, ергономічними і властивостями безпеки. Вони характеризують його ефективну пристосованість до виконання відповідного виробничого процесу. Але також необхідно відмітити, що не врахування ергономічних властивостей: шумового навантаження, вібрації, ваги інструменту, температури нагріву робочої поверхні інструменту тощо. викликає дуже серйозні наслідки погіршення здоров'я працівника, який його використовує. Особливо це стосується професійних хвороб системи кровообігу, нервової системи, хвороб кісткової та судинно-м'язової тканини.

Запропоновано швидкий ефективний метод оцінювання ергономічного ризику при використанні ручного електроінструменту для конкретного виробничого завдання. Метод дослідження, який використовувався для вирішення поставленої мети базується на спостереженнях і дослідженнях конкретних явищ процесу, що розглядається, а також узагальнення результатів експериментальних досліджень та впровадження їх на практиці.

Визначені критерії, які найбільше впливають на продуктивність працівника під час роботи з ручним електроінструментом: інтегральний показник ергономічності дизайну, навантаження, вага інструменту, ривкоподібне навантаження, температура нагріву поверхні інструменту, вібрація, шум, виділення пилових частинок. Для кожного критерія обґрунтована відповідна оцінка ергономічного ризику з врахуванням впливу на фізичний, психологічний стан працівника. Розроблено чек лист для визначення рівня ергономічного ризику за вісімма критеріями.

Ключові слова: ручний електроінструмент, ергономічний ризик, показник, шкідливі фактори, професійні хвороби, чек-лист.

Аннотация. Ручной электроинструмент – неотъемлемый элемент любого производственного процесса. Современный электроинструмент характеризуется эксплуатационными, потребительскими, эргономичными и свойствами безопасности. Они характеризуют его эффективную приспособленность к выполнению соответствующего производственного процесса. Но также необходимо отметить, не принимая во внимание эргономических свойств: шумовой нагрузки, вибрации, веса инструмента, температуры нагрева рабочей поверхности инструмента и др. вызывает очень серьезные последствия ухудшения здоровья работника, который его использует. Особенно это касается профессиональных болезней системы кровообращения, нервной системы, болезней костной и сосудисто-мышечной ткани. Предложено быстрый эффективный метод оценки эргономичного риска при использовании ручного электроинструмента для конкретного производственного задания. Метод исследования, который использовался для решения поставленной цели базируется на наблюдениях и исследованиях конкретных явлений рассматриваемого процесса, а также обобщения результатов экспериментальных исследований и внедрения их в практической деятельности.

Определены критерии, наиболее влияющие на производительность работника при работе с ручным электроинструментом: интегральный показатель эргономичности дизайна, нагрузка, вес инструмента, рывкообразная нагрузка, температура нагрева поверхности инструмента, вибрация, шум, выделение пылевых частиц. Для каждого критерия обосновано соответствующая оценка эргономичного риска с учетом воздействия на физическое, психологическое состояние работника. Разработан чек лист для определения уровня эргономичного риска по восьми основным критериям.

Ключевые слова: ручной электроинструмент, эргономичный риск, показатель, вредные факторы, профессиональные болезни, чек-лист.

Abstract. Hand-held power tools are an integral part of any manufacturing process. Modern power tools are characterized by operational, consumer, ergonomic and safety properties. These properties characterize its effective adaptability to the relevant production process. But it should also be noted that not taking into account the ergonomic properties: noise load, vibration, tool weight, heating temperature of the working surface of the tool, etc. causes very serious consequences for the deterioration of the health of the employee who uses it. This is especially true for occupational diseases of the circulatory system, nervous system, diseases of the bone and vascular tissue.

Object of the study – development of a fast-effective method for assessing the ergonomic risk of hand-held power tools when performing a specific production task

Purpose of the study – ergonomic risk when working with hand tools when performing the appropriate technological process.

Method of the study – the research method is based on observations and studies of specific phenomena of the process under consideration, as well as the generalization of the results of experimental research and their implementation in practice.

Results of the study – the most influential criteria that affect employee productivity when working with hand tools are identified: integrated design ergonomics, load, tool weight, jerk load, tool surface heating temperature, vibration, noise, dust particles during tool operation. For each criterion the corresponding estimation of ergonomic risk taking into account influence on a physical, psychological condition of the worker is proved. A checklist has been developed to determine the level of ergonomic risk according to eight criteria.

Keywords: hand power tools, ergonomic risk, indicator, harmful factors, occupational diseases, checklist.

Вступ

Ручний електроінструмент – невід'ємний елемент будь-якого виробничого процесу в різноманітних галузях застосування, зокрема автотранспортного сервісу. Неможливо уявити виконання технологічних операцій, пов'язаних із закручуванням, відкручуванням, шліфуванням, поліруванням, зняттям лакофарбового покриття, різанням, свердлінням та іншими технологічними операціями без його застосування. На сучасному ринку багато компаній-виробників пропонують різноманітні сучасні моделі ручного електроінструменту за своїм функціонально-технологічним призначенням, за привабливою ціною. Ринок конкурентоспроможності дуже великий. На жаль, під час купівлі інструменту більшість користувачів враховує лише їх споживчі переваги – вартість, зовнішній вигляд, функціональність і пристосованість технологічного використання. І, на жаль,

мало хто турбується про ергономічність обраної моделі електроінструменту.

Сучасний електроінструмент характеризується експлуатаційними, споживчими, ергономічними і властивостями безпеки. Наведені властивості характеризують його ефективну пристосованість до виконання відповідного виробничого процесу. Але також необхідно відмітити, що не врахування ергономічних властивостей: шумове навантаження, вібрацію, вагу, температуру нагріву робочої поверхні інструменту тощо викликає дуже серйозні наслідки погіршення здоров'я працівника, який ним користується. Особливо це стосується професійних хвороб, які пов'язані із системою кровообігу, нервовою системою, кістковою і судино-м'язовою тканиною (рис. 1). Звісно постає закономірне запитання: як підібрати найбільш зручний і bezpečnij ruchnyj elektronnij instrument?



Рис. 1. Вплив ергономічних властивостей ручного електроінструменту на здоров'я працівника

Дослідження ергономічних властивостей ручного електроінструменту є досить актуальною темою, якій присвячено багато наукових праць із оцінкою ефективності роботи, впливу на функціональні показники здоров'я працівників, особливостей проектування, розробки дизайну, підвищення комфорту та інші [1-10]. Найбільше наукові публікації присвячені забезпеченням належного вибору ручного електроінструменту. Дані проблема наскільки багатогранна, складна і неоднозначна, що потребує серйозного вивчення впливу різних ергономічних критеріїв: зусилля працівників, їх антропометричних розмірів, форми, ваги ручного електроінструменту, темпу та ритму виконання виробничої діяльності, сумісність із засобами захисту на продуктивність праці для оцінки ризику розвитку професійних хвороб опорно-рухового апарату.

Як відмічає автор дослідження [11], для забезпечення ефективного вибору ручного електроінструменту, найкраще знайти механізм поєднання його техніко-експлуатаційних показників з урахуванням їх впливу на здоров'я працівників в один інтегральний показник, яким зручно буде користуватись для оцінки їх важкості. Однак однозначної відповіді, яка модель оцінки впливу ергономічних ризиків ручного електроінструменту на здоров'я працівника дозволить отримати найкращий результат не має. Тому і виникає завдання в аналізі відомих підходів та розробки універсального методу, який дав змогу проводити комплексний ергономічний аналіз і оцінку ергономічних ризиків при використанні ручного електроінструменту з урахуванням умов праці. Необхідність проведення такої оцінки також пов'язана і з економічними показниками, оскільки використання ергономічного обладнання дає змогу збільшити продуктивність праці працівників до 40 %.

Найбільш популярним підходом, на основі якого відбується вибір ручного електроінструменту є задоволеність користувачів, яка оцінюється продуктивністю праці; фізичну взаємодію між пристроями і працівником (оцінюється через вплив параметрів інструменту на біомеханічні реакції людини) та суб'єктивне забарвлення (визначається в балах) [12]. Такий підхід дає змогу визначити інтегральний показник оцінки ергономічних ризиків під час використання ручного електроінструменту. Однак, це потребує проведення значного об'єму фізичних досліджень з одного боку, а з другого – суб'єктивна оцінка використання відповідного типу ручного електроінструменту призводить до значної розбіжності отриманих результатів, що інколи унеможлилює здійснення вибору.

Менш ефективним є підхід, який базується тільки на оцінці фізичного навантаження під час роботи з ручним електроінструментом при виконанні відповідного технологічного процесу. Він був сформований на основі накопичених знань із проектування ручного електроінструменту, розробки його дизайну для забезпечення високих показників продуктивності та ергономічності [13, 14]. Однак така модель краще підходить саме для розробки конкретного типу ручного електроінструменту. Водночас на його основі розроблено декілька чек-листів, які використовують для оцінки ергономічних ризиків при виконанні виробничих операцій із ручними інструментами [15].

Отже, проведений літературний огляд вказує на необхідність розробки зрозумілого простого підходу для оцінки ергономічних показників ручного електроінструменту, який можна застосовувати на виробництві фахівцями з охорони праці для обґрунтування конкретного типу ручного електроінструменту, який відповідає умовам праці, забезпечить максимальну продуктивність праці, комфорт і безпеку.

Виходячи з рекомендацій авторів роботи [16], ергономічної оцінка повинна враховувати декілька основних критеріїв: безпеку, зручність і комфорт, продуктивність, технологічність. Тому оцінку ручного електроінструменту, доцільно проводити за вісімома параметрами: інтегральним показником ергономічності дизайну, навантаженням, вагою, ривкоподібним навантаженням, температурою нагріву поверхні, вібрацією, шумом, концентрацією твердих аерозольних частинок. Наведені показники певною мірою відповідають вимогам принципу TILE [16], що дає змогу виконувати поставлені завдання з мінімальними енерговитратами і впливом шкідливих факторів на здоров'я працівника під час виконання виробничої діяльності. Зауважмо, що будь-який ручний електроінструмент неможна оцінювати без урахування виробничого середовища в якому він буде використаний – це одна з найбільш впливових оцінок, оскільки саме від робочої пози, вимушених повторювальних операцій залежить накопичення втоми у працівника та можливий подальший розвиток професійних захворювань опорно-рухового апарату [17].

Мета роботи – розробка швидкого ефективного методу з оцінкою ергономічного ризику ручного електроінструменту під час виконання конкретного виробничого завдання.

Об'єкт дослідження – ергономічний ризик під час роботи з ручним електроінструментом при виконанні відповідного технологічного процесу.

Основна частина

Для оцінки ергономічних ризиків здоров'я працівника під час роботи з електроінструментом використаємо бальну оцінку від 1 до 5 балів. 1 – вказує на відсутність шкідливого впливу на працівника; 5 – небезпечний вплив, який призводить до різкого погіршення стану здоров'я протягом робочої зміни з втратою працевдатності. Приймемо, що рівень ергономічного ризику у 2 бали – відповідає гранично допустимий експозиції (впливу) на людину протягом 8-годинного робочого дня та 40 годинної робочого тижня, яка не призводить до больового відчуття чи розвитку, в подальшому, професійного захворювання, чи будь-яких інших розладів зі здоров'ям працівників. Також дана кількість балів визначає рівень прийнятного ризику. Величина балів пропорційно визначається відповідно до

рівня перевищення гранично допустимих показників впливу на здоров'я працівника з урахуванням часового проміжку його виробничої діяльності.

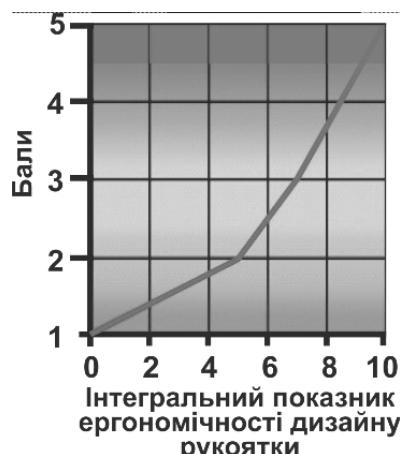
З аналізу ергономічних властивостей ручного електроінструменту зроблені такі висновки.

Дизайн рукоятки безпосередньо впливає на рівень комфорту під час використання електроінструменту, їй водночас вона повинна забезпечити максимально міцне зчеплення та природне розташування руки. Оцінка виконується відповідно до даних **табл. 1**, яка побудована на основі проведених досліджень у роботах [18-20]. За даними **табл. 1** визначаємо інтегральний показник ергономічності дизайну рукоятки інструменту, як середнє арифметичне, що дає змогу встановити кількість балів для розрахунку рівня ризику за **рис. 2-а**.

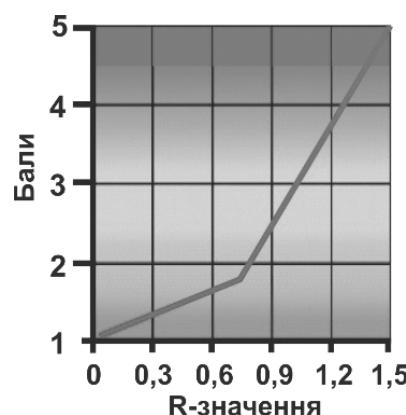
Таблиця 1

Рекомендації до оцінки рукоятки

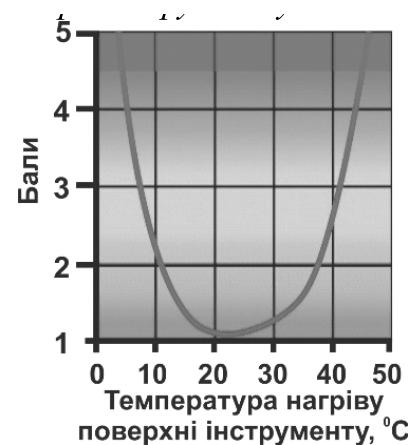
Показники	Стать	Найкращий варіант (1)	Прийнятний варіант (2)	Можливий варіант (3)	Краще не застосовувати (4)
Діаметр рукоятки	Чоловіки	110–130	105–110 або 130–140	100–105 або 140–155	< 100 або > 155
	Жінки	100–120	95–100 або 120–130	90–95 або 130–140	< 90 або > 140
Довжина рукоятки зігнутої під певним кутом	Чоловіки	100–120	90–100 або 120–135	80–90 або 135–150	< 80 або > 150
	Жінки	85–100	80–85 або 100–120	75–80 або 120–140	< 75 або > 140
Довжина прямої рукоятки	Чоловіки	> 100	90–100	80–90	< 80
	Жінки	> 85	80–85	75–80	< 75
Можливість регулювання	–	Передбачене покриття поверхні спеціальним матеріалом	Покриття поверхні не передбачене, але ризик травмування відсутній	–	Поверхня не покрита, існує ризик травмування



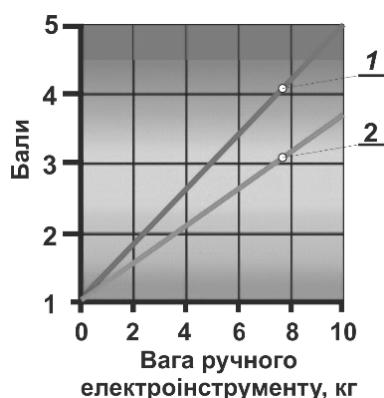
а) графік для оцінки впливу інтегрального показника ергономічності дизайну рукоятки ручного електроінструменту



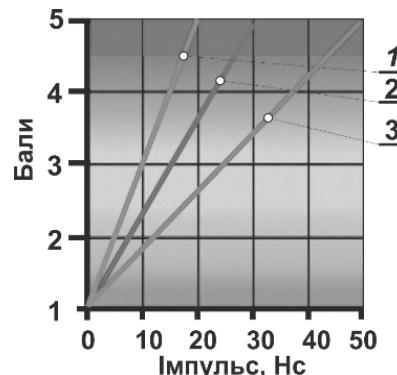
б) графік для оцінки впливу навантаження під час використання ручного електроінструменту



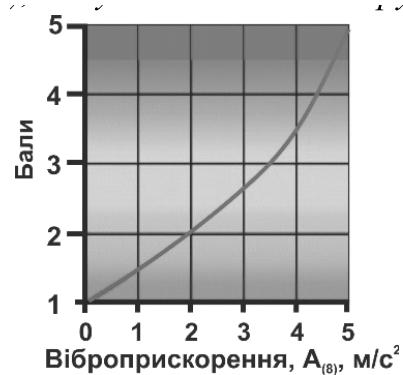
в) графік оцінки впливу температури нагрівання поверхні інструменту



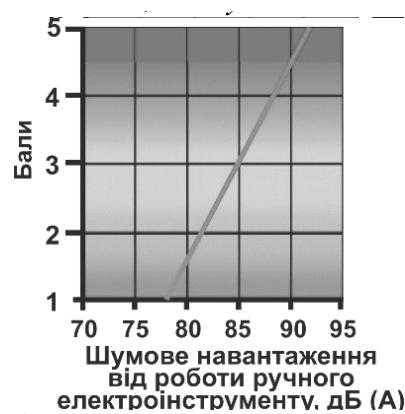
г) графік оцінки впливу ваги електроінструменту: 1 – монтажний ручний електроінструмент, швидкий рух; 2 – ручний електроінструмент для монтажу і демонтажу, відсутність швидкого руху



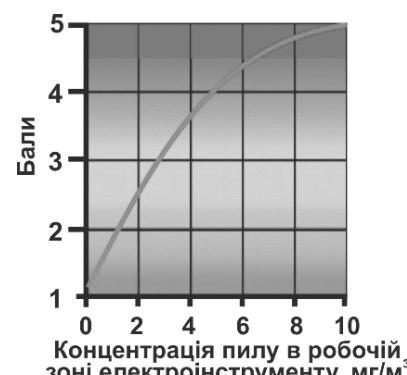
д) графік для оцінки ривкоподібного навантаження: 1 – пряма рукоятка; 2 – рукоятка-пістолет; 3 – кутовий гайковерт



е) графік для оцінки впливу вібрації електроінструменту, A(8), м/c²



ж) графік для оцінки за шумового навантаження від роботи ручного електроінструменту, Lek, дБ (A) з інтеграцією протягом 8-годинного робочого дня



з) графік для оцінки впливу пилового аерозолю, який виділяється від роботи ручного електроінструменту

Рис. 2. Графіки для оцінки ергономічних ризиків під час роботи з ручним електроінструментом

Навантаження від електроінструменту залежить від крутного моменту (з'являється через подолання обертаючою частиною інструменту супротиву заготовки під час її обробки) та зусилля подачі (виникає за необхідності натискання чи штовхання інструменту). Його оцінку проводять за встановленими балами, виходячи з індексу навантаження (**рис. 2-б**) [19-21].

Індекс навантаження розраховуємо за формулою [15]:

$$I_{nav} = P_{real} / P_{max}, \quad (1)$$

де:

I_{nav} – індекс навантаження; P_{max} – максимальне навантаження, яке може перенести працівник без травмування (Н); P_{real} – реальне навантаження на працівника під час роботи з відповідним типом електроінструменту (Н).

У табл. 2, 3 наведено максимальне навантаження під час виконання виробничих операцій, які може виконати працівник без травмування при роботі з ручним електроінструментом.

Таблиця 2

Максимальне навантаження на м'язи кистей рук (Н) [15]

Виробничі операції	Чоловіки	Жінки
Робота стоячи		
Штовхання вперед	450	340
Утягання на себе	400	300
Підняття передпліччя на гору	50	30
Опускання передпліччя і вниз	75	50
Підняття на витягнуту руку	600	450
Пальмарний рух	55	35
Робота сидячи		
Штовхання вперед	275	180
Утягання на себе	250	170
Підняття передпліччя на гору	50	30
Опускання передпліччя і вниз	75	50
Пальмарний рух	55	35

Таблиця 3

Максимальний крутний момент на м'язи кистей руки (Н) [15]

Виробничі операції*	Чоловіки	Жінки
Супінація	15	10
Пронація	15	10
Радіальне закручування	15	10
Ліктьове закручування	15	10
Тильне закручування	10	7
Долонне закручування	15	10

*Примітка: динаміку виробничих операцій відображене на рис. 3

Максимальне навантаження потрібно зменшити, виходячи з часу використання інструменту, темпу і ритму роботи та безпеки електроінструменту (через кількість рухів за одну хвилину) розраховується за формулою [15]:

$$P_{max\ y} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times P_{max} \quad (2)$$

де:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коефіцієнти, які враховують час використання інструменту, (менше години за робочу зміну – 1; від 1 до 20 годин – 0,8; більше 2 годин – 0,5) темп і ритм роботи (швидкий темп і ритм роботи 0,6, середній – 0,8; повільний – 1) та безпеки електроінструменту (кількість рухів за одну хвилину до 6 – 1; від 6 до 10 – 0,7; більше 10 – 0,5).

Реальне навантаження, яке діє на користувача електроінструменту потрібно визначити під час проведення вимірювань, вивчення технічних характеристик інструменту. У разі відсутності такої можливості можна скористатись даними **табл. 4**.

Таблиця 4

Типове навантаження під час використання електроінструменту середньої потужності 300-600 Вт [15]

Електроінструмент	Навантаження, (Н)	Додаткове навантаження пов'язане зі збільшенням потужності, (Н)
Шліфувальна машина	60	40
Дріль	100	50
Відбійний молоток	150	100
Перфоратор	120	60
Гайковерт	50	20
Викрутки	50	20

Температура нагріву поверхні електроінструменту залежить від нагріву поверхні під час роботи, періоду контакту з поверхнею, щільністю, теплопровідністю матеріалу, який використовується для виготовлення корпусних деталей інструментів та фізико-хімічного складу його складу (**рис. 2-в**). Відповідно до ДСТУ EN 563-2001 "Безпечність машин. Температури доступних для дотику поверхонь. Ергономічні дані для встановлення граничних значень температури

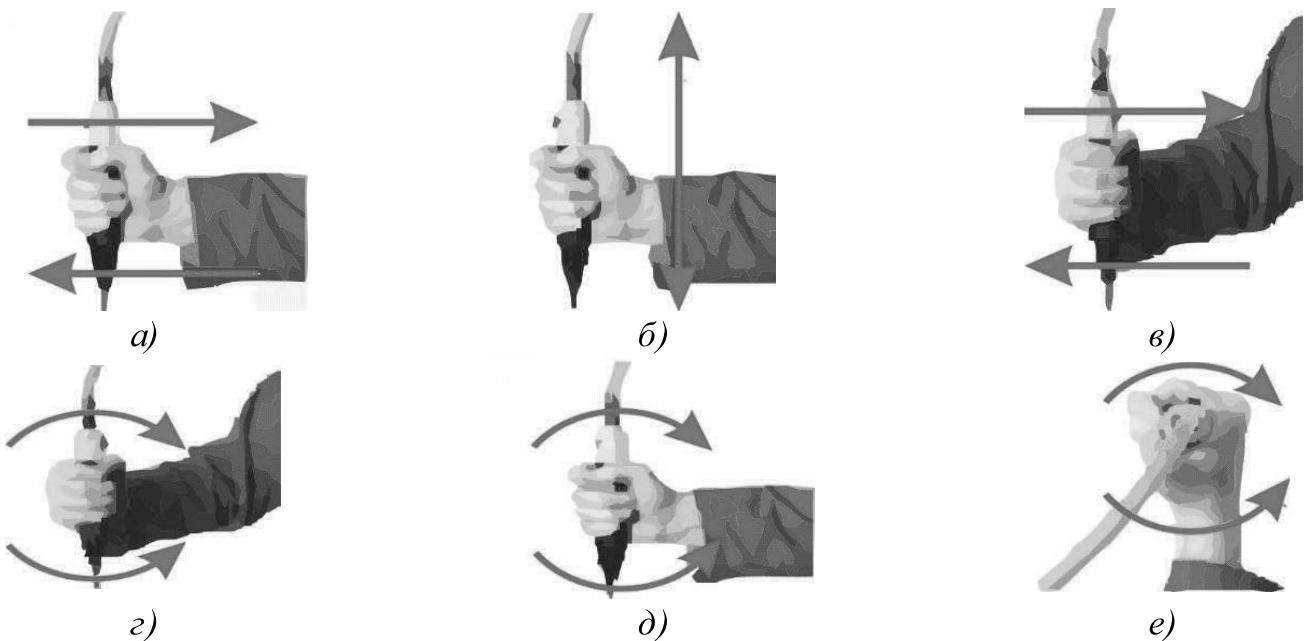


Рис. 3. Типові рухи під час виконання виробничих операцій: штовхання, втягування (а); підняття / опускання передпліччя (б); пальмарний рух (в); супінація / пронація (г); радіальне ліктьове закручування (д); тильне / долонне закручування (е) [15]

"гарячих поверхонь" мінімально допустима температура поверхні встановлена на рівні 4 °С тоді як максимальна з порогом опіку не більш 10 хвилин – 48 °С. Між цими двома показниками і розподілені бали, з урахуванням, що оптимальна температура поверхні рукоятки перебуває в межах від 20 до 28 0С [22, 23].

Вага ручного електроінструменту. Для оцінки впливу ваги ручного електроінструменту можна скористатись **рис. 2-г**. Однак, під час порівняння відповідних моделей – необхідно враховувати такі експлуатаційні властивості, як потужність, величину крутого моменту, тип рукоятки, можливість зменшення його маси, за рахунок різних пристосувань. Також, важливо звертати увагу на темп і ритм роботи та на тип ручного електроінструменту: монтажний чи демонтажний. Зазвичай ручний електроінструмент вагою більше 2,5 кг застосовується з двома рукоятками. Для проведення відповідальних робіт вага інструменту не повинна перевищувати 0,4 кг [15].

Ривкоподібне навантаження на працівника під час роботи з ручним електроінструментом відбувається за його різкої зупинки (блокування) чи початку/завершенні певної операції (наприклад, коли свердло різю проходить заготовку чи під відкручування/закручування гайки – гайковертом). Даний тип навантаження залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалів заготовок, крутного моменту, швидкості обертів робочого органу

ручного електроінструменту, потужності двигуна та наявності спеціальних захисних систем.

Оцінити даний тип навантаження можна за даними **рис. 2-д**, визначивши імпульс сили відповідно до вимог [24], та за формулою:

$$L = F \times t, \quad (3)$$

де:

F – постійна сила, яка діє на працівника зі сторони інструменту, (Н); t – час дії, (с).

Силу, яка діє на працівника, можна розрахувати за формулою, виходячи з потужності та швидкості руху робочого органу ручного електроінструменту, що залежить від частоти обертів:

$$F = \frac{30P}{\pi \times n \times R}, \quad (4)$$

де:

P – потужність ручного електроінструменту, (Вт); n – кількість обертів робочого органу ручного електроінструменту, ($1/\text{с}$);

R – радіус робочого органу ручного електроінструменту, (м).

Вказані характеристики наводяться виробником у технічному паспорті відповідного типу ручного електроінструменту.

Вібрація ручного електроінструменту впливає на його справність, точність виконання виро-

бничих операцій і може привести до розвитку професійних захворювань і травм. Оцінити її вплив можна виходячи з **рис. 2-е** через розрахунок еквівалентної дози-реакції на працівника відповідно до вимог [25] за формулою:

$$A_8 = \alpha_{hv} \times (t/8)^{0.5}, \quad (5)$$

де:

α_{hv} – середнє у часі зважене значення вібрації, ($\text{м}/\text{с}^2$); t – час роботи з електроінструментом, (с).

Значення вібрації під час роботи з ручним електроінструментом зазвичай визначається відповідно до вимог [26, 27]. Згідно з [28] значення віброприскорення будь-якого електроінструменту повинно бути нижче за $2,5 \text{ м}/\text{с}^2$. Вказану величину, виходячи з рекомендацій [29] можна застосовувати для грубого розрахунку дози-реакції працівника з урахуванням поправкових коефіцієнтів для звичайних електроінструментів без ударних ефектів 1,5, для відбивних молотків, перфораторів та іншого ударного інструменту 2.

Для оцінки впливу шуму на працівників під час роботи з ручним електроінструментом використовують дані наведені на **рис. 2-ж**. Для цьо-

го необхідно розрахувати експозицію шумового навантаження за формулою:

$$L_{ek} = 10 \log \left(\frac{t}{8 \times 10 L_{uw/10}} \right), \quad (6)$$

де:

L_{uw} – рівень шуму, зафікований під застосування ручного електроінструменту, (дБ);

t – час застосування ручного електроінструменту, (с).

Рівень шуму від ручного електроінструменту визначається відповідно до вимог [30, 31].

Виділення пилових частинок респірабельної фракції. Останній елемент для порівняння ручного електроінструменту є встановлення кількісних показників виділення пилових частинок респірабельної фракції (від 0,5 до 5 мкм). Встановлення конкретних оцінок досить складне завдання і потребує багато різних вхідних даних: матеріалу заготовок, його фізико-хімічних характеристик, технічних характеристик власне ручного електроінструменту, наявності захисних систем тощо. Здебільшого – це емпіричні дані, які визначаються за допомогою спеціальних пиломірів і розраховуються на основі досвіду експертів. Рекомендується також взяти до уваги дані наведені в **табл. 5** [32].

Таблиця 5

Концентрація пилу, який виділяється під час роботи з ручним електроінструментом [15, 32]

Тип електроінструменту	Концентрація пилу, яка виділяється під час роботи з ручним електроінструментом, ($\text{мг}/\text{м}^3$)					
	пиловий		масляний			
	наявність відсмоктувача		із системою змащування		без системи змащування	
	Так	Ні	З обдувом	Без обдуву	З обдувом	Без обдуву
Високий темп роботи						
Шліфувальна машина	6	20	1	1	4	8
Кутова шліфувальна машина	8	20	1	1	6	10
Перфоратор	4	15	1	1	2	4
Відбивний молоток	4	10	1	1	2	4
Дріль	2	8	1	1	3	6
Викрутки	-	-	1	1	2	6
Низький темп роботи						
Шліфувальна машина	3	10	1	1	2	4
Кутова шліфувальна машина	4	10	1	1	3	5
Перфоратор	2	8	1	1	1	2
Відбивний молоток	2	4	1	1	1	2
Дріль	1	4	1	1	2	4
Викрутки	-	-	1	1	2	4

Згідно з табл. 5 запропоновано графік для встановлення відповідних балів для оцінки ризику, який навлено на рис. 2-з. У підсумку запропонований метод дає змогу розробити зрозумілий чек-лист (рис. 4) для швидкої оцінки рівня ергономічного ризику під час роботи з ручним електроінструментом, в якому враховані вісім факторів, описані вище.

Тлумачення отриманих результатів за розробленим чек-листом наведені на рис. 5.

Висновки

Проаналізовані методи з ергономічної оцінки ручного електроінструменту. Визначено вісім найбільш впливових критеріїв на продуктивність праці та фізичний вплив ручного електроінстру-

менту на здоров'я працівника під час виконання відповідного технологічного процесу. До них належать інтегральний показник ергономічності дизайну, навантаження, вага інструмента, ривкоподібне навантаження, температура нагріву поверхні, вібрацію, шум, виділення пилових частинок респірабельної фракції. Запропоновано метод з оцінки рівня ергономічного ризику за п'ятибальною шкалою. Для кожного критерія обґрунтовано відповідну оцінку залежно від впливу на фізичний, психологічний стан користувача, що базується на аналізі різних ергономічних досліджень опублікованих у відкритому доступі. Розроблено чек-лист для визначення рівня ризику за вісімома критеріями.

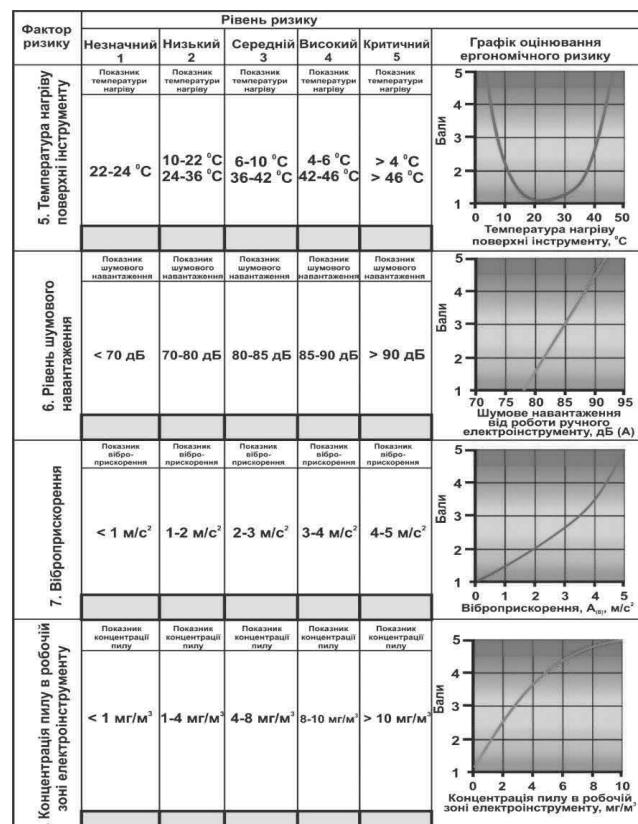
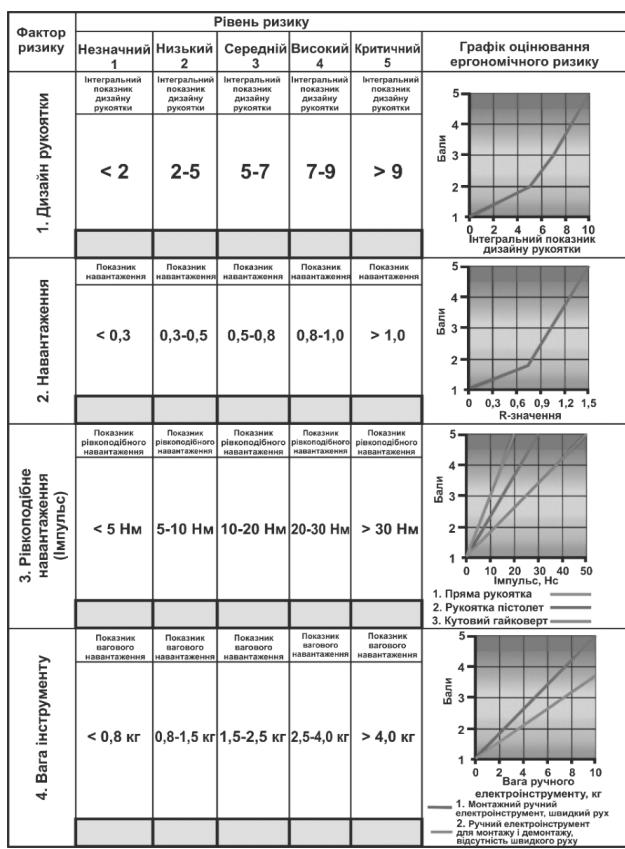


Рис. 4. Чек-лист для визначення ергономічного ризику під час використання ручного електроінструменту

Кількість балів	Рівень ризику	Тлумачення
8-16	Низкий	Працівнику нічого не загрожує при роботі з ручним електроінструментом.
16-24	Середній	Для запобігання хронічним захворюванням необхідно зменшити час використання ручного електроінструменту.
24-32	Високий	Використання ручного електроінструменту повинно бути обмежено, а також необхідно прийняти рішення, які спрямовані на зменшення: навантаження, вібрації, шуму, запиленості, які виникають при роботі з ним.
32-40	Критичний	Робота з ручним електроінструментом заборонена.

Рис. 5. Тлумачення рівнів ризику

References

1. Germann, R., Jahnke, B., Matthiesen, S. (2019). Objective usability evaluation of drywall screwdriver under consideration of the user experience. *Applied ergonomics*, 75, 170-177. DOI: 10.1016/j.apergo.2018.10.001.
2. Sauer, J., Seibel, K., Röttger, B. (2010) The influence of user expertise and prototype fidelity in usability tests. *Applied ergonomics*, 41, 130-140. DOI: 10.1016/j.apergo.2009.06.003.
3. Matthiesen, S., Mangold, S., Germann, R. et al. (2018). Hand-arm models for supporting the early validation process within the product development of single impulse operating power tools. *Forsch Ingenieurwes*, 82, 119-129. DOI: 10.1007/s10010-018-0265-1.
4. Schenk, K.D., Vitalari, N.P., Davis, K.S. (1998). Differences between Novice and Expert Systems Analysts: What Do We Know and What Do We Do? *Journal of Management Information Systems*, 15(1), 9-50. DOI: 10.1080/07421222.1998.11518195.
5. Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2014). Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung (Qualitative Sozialforschung) [Interviews with Experts: A practice-oriented introduction (Qualitative Social Research)]. Publishing: Springer VS, 112 pages. ISBN: 978-3-531-19416-5. In German.
6. Chandra, A., Pankaj, C. (2011). Ergonomic design of hand tool (screwdriver) for Indian worker using comfort predictors: a case study. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 2(4), 231-238. E-ISSN 0976-3945.
7. Hreljac, A. (2000). Stride smoothness evaluation of runners and other athletes. *Mathematics, Medicine*, 3, 199-206. DOI: 10.1016/S0966-6362(00)00045-X.
8. Ganzevles, S.P.M., Beek, P.J., Daanen, H.A.M., Coolen, B.M.A., Truijens, M.J. (2019). Differences in swimming smoothness between elite and non-elite swimmers. *Sports biomechanics*, 1-14. DOI: 10.1080/14763141.2019.1650102.
9. Cao, Z., Simon, T., Wei, S.E., Sheikh, Y. (2017). "Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields," in CVPR. Available from: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Cao_Realtime_Multi-Person_2D_CVPR_2017_paper.pdf.
10. Cellier, J.M., Eyrolle, H., Marine C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40(1), 28-50. DOI: 10.1080/001401397188350.
11. Radwin, R.G. (1996). An Ergonomics Guide To Hand Tools. Publisher: American Industrial Hygiene Association, 45 pages. ISBN: 093262775.
12. Dababneh, A., Lowe, B.D., Krieg, E., Kong, Y.-K., Waters, T. (2005). A check-list for the ergonomic evaluation of nonpowered hand tools. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(12), 135-45. DOI: 10.1080/15459620490883150.
13. Apte, M., Claudon, L., Marsot, J. (2002). Integration of Ergonomics Into Hand Tool Design: Principle and Presentation of an Example. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 8(1), 107-115. DOI: 10.1080/10803548.2002.11076518.
14. Meena, M.L., Dangayach, G.S. (2015). An Ergonomic Approach to Design Hand Tool for Screen Textile Printing. *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, 4(2), 120-128. DOI: 10.14810/ijmech.2015.4207.
15. Lindqvist, B., Skogsberg, L. (2007). Power tool ergonomics. Evaluation of power tools. Publisher: Atlas Copco, 172 pages. ISBN: 978-91-631-9900-4.
16. Borodina, N.A., Cheberyachko, S.I., Deryugin, O.V. (2020). Erhonomichnyy analiz ruchnoho instrumentu dlya umov avtoservisu. Metod doslidzhennya. Chastyna 1 [Ergonomic analysis of hand tools for car service conditions. method of the study. Part 1]. Scientific and Industrial Journal the Avtoshliakhovyk Ukrayiny, 3, 7-12. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-3-263-7-12. In Ukrainian.
17. Chowdury, M.L.R. (2014). Study and analysis of work postures of workers working in a ceramic industry through rapid upper limb assessment (Rula). *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(3), 14-20. ISSN2305-8269.
18. Luskin, B.J. Industrial Ergonomics: Prevent Injury from Hand and Power Tool Use. SpineUniverse. 2017. – Available from: <https://www.spineuniverse.com/wellness/ergonomics/industrial-ergonomics-prevent-injury-hand-power-tool-use>.
19. Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J., Martin, B.J. (2006). *Occupational biomechanics*, 4th Edition. Publishing: J. Wiley & Sons, Inc., New York. Eastman Kodak Company. 376 pages. ISBN: 978-0-471-72343-1.
20. Bobjer, O., Johansson, S., Piguet, S. (1993). Friction between hand and handle. Effects of oil and lard on textured and non-textured surfaces; perception of discomfort. *Applied ergonomics*, 24(3), 190-202. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90007-V.
21. Bobjer, O., Johansson, S., Piguet S. (1993). Friction between hand and handle. Effects of oil and lard on textured and untextured surfaces. *Applied Ergonomics*, 24, 190-202. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90007-V.
22. Björkström, M., Jonsson, B. (1977). Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 3(1), 23-27. DOI: 10.5271/sjweh.2795.
23. Byström, S.E.G., Kilbom, A. (1991). Physiological response in the forearm during and after isometric intermittent handgrip. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(6), 457-66. DOI: 10.1007/BF00705037.
24. Standard ISO 6544 "Hand-held pneumatic assembly tools for installing threaded fasteners – Reaction torque and torque impulse measurements". Available from: <https://www.iso.org/standard/12938.html>.
25. Standard ISO 5349-1:2001 "Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements. Available from: <https://www.iso.org/standard/32355.html>.
26. Standard DSTU ISO 8662-11:2004. "Instrumenty ruchni perenosni pryvodni. Vymiryuvannya vibratsiy na rukoyattsi." Chastyna II. Instrumenty dlya vstanovleniya kripylynykh detaley" [Hand tools, portable, drive. Vibration measurement on the handle. Part II. Tools for installing fasteners]. Available from: https://dnapo.com/html/2284/doc-ДСТУ_ISO_8662-11_2004. In Ukrainian.
27. Standard DSTU EN ISO 5349-2:2005 "Vibratsiya mekhanichna. Vymiryuvannya ta otsinyuvannya vplyvu na lyudynu lokal'noi vibratsiyi. Chastyna 2. Praktychna nastanova z vymiryuvannya na robochomu mistsi (EN ISO 5349-2:2001, IDT)" [Mechanical vibration. Measurement and evaluation of local human vibration. Part 2. Practical guidelines for workplace measurements (EN ISO 5349-2: 2001, IDT)]. Available from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53016. In Ukrainian.
28. Dyrektyva № 98/79/ES Rady Yevropeys'koho Soyuzu i Yevropeys'koho Parlamentu pro medychni prylady dlya diagnostyky in vitro [Directive № 98/79 / EC of the Council of the European Union and of the European Parliament on in vitro diagnostic medical devices]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b33?lang=uk#Text. In Ukrainian.
29. Standard CEN/TR 15350:2006. "Mechanical vibration – Guideline for the assessment of exposure to hand-transmitted vibration using available information including that provided by manufacturers of machinery". Available from: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=239386>.
30. Standard DSTU ISO 15744:2018 "Instrumenty ruchni z neelektrychnym pryvodom. Metodyka vymiryuvannya shumu. Tekhnichny metod (klas tochnosti 2)" [Hand tools with non-electric drive. Method of noise measurement. Technical method (accuracy class 2)]. Available from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81568. In Ukrainian.
31. Standard DSTU EN 60745-1:2014 "Instrument ruchnyy elektromekhanichnyy. Vymohy shchodo bezpекy. Chastyna 1. Zahal'ni vymohy" [The tool is manual electromechanical. Security requirements. Part 1. General requirements]. Available from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77824. In Ukrainian.
32. Lee, T-H. Han, C.-S. (2013). Analysis of working postures at a construction site using the OWAS method. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 19(2), 245-250. DOI: 10.1080/10803548.2013.11076983.

© Р. В. Симоненко, канд. техн. наук, доцент,
e-mail: rsymonenko@insat.org.ua,
ORCID: 0000-0002-4269-5707
(ДП "ДержавтрансНДІпроект")

© Roman Symonenko, PhD, Associate Professor,
e-mail: rsymonenko@insat.org.ua,
ORCID: 0000-0002-4269-5707
(SE "State Road Transport Research Institute")

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ РОЗВИТКУ ТЕЛЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ "КОЛІСНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ – ІНФРАСТРУКТУРА"

EVALUATION OF DEVELOPMENT LEVEL THE TELEMATIC HARDWARE AND SOFTWARE FOR "VEHICLES – INFRASTRUCTURE" SYSTEM

Анотація. Присвячено дослідження актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності експлуатації колісних транспортних засобів у конкретних інфраструктурних умовах експлуатації. З використанням системного підходу узагальнено структуру системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура", зокрема, представлено її у вигляді функціональної схеми, яка об'єднує основні процеси системи в енергоустановці, трансмісії, ходовій частині та взаємодію з інфраструктурним середовищем, входні величини та вихідні показники цих процесів, зворотні зв'язки, що забезпечують управління параметрами процесів для досягнення бажаних показників ефективності системи. Запропоновано метод систематизації телематичного забезпечення системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура", який дає змогу аналізувати існуючі та формувати нові морфологічні структури системи, що розглядаються як способи підвищення експлуатаційної ефективності колісних транспортних засобів з уドосконаленням телематичним забезпеченням основних функціональних елементів. Запропоновано метод визначення рівня розвитку телематичного забезпечення системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура" та її функціональних елементів, який враховує рівень розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення колісних транспортних засобів та інфраструктури. Визначено морфологічні структури телематичного забезпечення системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура" для дослідження, які поєднують варіанти різного рівня розвитку 16 морфологічних ознак функціональних елементів "Колісні транспортні засоби" та "Інфраструктура".

Ключові слова: колісні транспортні засоби, інфраструктурні умови експлуатації, процес функціонування, функціональна схема, морфологічна матриця, морфологічна структура, рівень розвитку телематичного забезпечення.

Аннотация. Посвящено исследованию актуальной научно-технической проблемы повышения эффективности эксплуатации колесных транспортных средств в конкретных инфраструктурных условиях эксплуатации. С использованием системного подхода обобщена структура системы "Колесные транспортные средства – Инфраструктура", в частности, она представлена в виде функциональной схемы, объединяющей основные процессы системы в энергоустановке, трансмиссии, ходовой части и взаимодействие с инфраструктурной средой, входные величины и выходные показатели этих процессов, обратные связи, обеспечивающие управление параметрами процессов для достижения желаемых показателей эффективности системы. Предложен метод систематизации телематического обеспечения системы "Колесные транспортные средства – Инфраструктура", который позволяет анализировать существующие и формировать новые морфологические структуры системы, которые рассматриваются как способы повышения эксплуатационной эффективности колесных транспортных средств с усовершенствованным телематическим обеспечением основных функциональных элементов. Предложен метод определения уровня развития телематического обеспечения системы "Колесные транспортные средства – Инфраструктура" и ее функциональных элементов, учитывающий уровень развития вариантов реализации основных морфологических признаков телематического обеспечения колесных транспортных средств и инфраструктуры. Определены морфологические структуры телематического обеспечения системы "Колесные транспортные средства – Инфраструктура" для исследования, которые сочетают варианты разного уровня развития 16 морфологических признаков функциональных элементов "Колесные транспортные средства" и "Инфраструктура".

Ключевые слова: колесные транспортные средства, инфраструктурные условия эксплуатации, процесс функционирования, функциональная схема, морфологическая матрица, морфологическая структура, уровень развития телематического обеспечения.

Abstract. The article is devoted to the study of the actual scientific and technical problem of improving the vehicles operation efficiency under specific infrastructural operating conditions. The structure of the "Vehicles – Infrastructure" system is generalized using a systems approach. In particular, it is presented in the form of a functional scheme. This scheme combines the main processes of the system in propulsion, transmission, chassis and interaction with the infrastructure, processes input values and outputs, feedbacks, providing control of process parameters to achieve

the desired system performance. A systematization method of telematic hardware and software the "Vehicles – Infrastructure" system is proposed. The method allows to analyze existing morphological structures and form new morphological structures of the system. They are considered as ways to increase operational efficiency of vehicles with improved telematic hardware and software of basic functional elements. A method for determining the telematic hardware and software development level of the "Vehicles – Infrastructure" system and its functional elements is proposed. The method takes into account the implementation variants development level of vehicles and infrastructure telematic hardware and software basic morphological features. The morphological structures of the "Vehicles – Infrastructure" system telematic hardware and software for research are determined. These morphological structures combine the different development level variants of 16 morphological features for the "Vehicles" and "Infrastructure" functional elements.

Keywords: vehicles, infrastructural operating conditions, functioning process, functional scheme, morphological matrix, morphological structure, telematic hardware and software development level.

Вступ

Ефективність використання того чи того колісного транспортного засобу (далі – КТЗ) в експлуатаційних (інфраструктурних) умовах суттєво залежить від рівня реалізації основних морфологічних ознак функціональних елементів системи "КТЗ – Інфраструктура" (англ. "Vehicles – Infrastructure"). Питання дослідження ефективності взаємодії функціональних елементів системи "КТЗ – інфраструктура" досліджувалось у численних працях українських і закордонних вчених, зокрема у [1-6].

Управління експлуатаційною ефективністю КТЗ передбачає керовану зміну відповідно до умов експлуатації вхідних параметрів основних процесів, що відбуваються під час функціонування КТЗ, на основі закладених у виконавчі пристрої управління цими вхідними параметрами цільових функцій, які враховують визначені критерії ефективності.

Тому в процесі управління експлуатаційною ефективністю КТЗ вкрай важливо і необхідно забезпечити збір, обробку й аналіз інформаційних даних про параметри і показники процесів, що відбуваються під час функціонування КТЗ та його елементів у даних інфраструктурних умовах. Дослідження ефективності використання таких інформаційно-аналітичних систем здійснювалось у попередніх наукових працях автора, зокрема у [7-12]. Так, у [7] запропоновано системний підхід до вирішення проблеми формування структури і взаємозв'язку функціональних можливостей бортового інформаційного комплексу для забезпечення інформаційного обміну між елементами ITS транспортного засобу; у [8] описано особливості інформаційної системи V2I та процес моніторингу та оцінки технічного стану транспортного засобу в експлуатаційних умовах з можливістю прогнозування; у [9] досліджено можливості використання даних бортової системи OBD-II для оцінювання ефективності експлуатації дизельних КТЗ, обладнаних акумуляторними системами паливоподачі Common Rail, на ос-

нові аналізу гіdraulічних процесів у системі паливоподачі; у [10] представлено особливості моніторингу параметрів технічного стану КТЗ і режимів роботи водія в умовах експлуатації за допомогою тахографу; у [11] описано особливості використання інформаційно-аналітичної системи для вивчення процесів експлуатації силових установок транспортних засобів та оцінки їх екологічних показників, зокрема витрати палива та шкідливих викидів в умовах експлуатації; у [12] розглянуто особливості використання інформаційної системи для дистанційного моніторингу та управління процесами теплової підготовки двигуна, обладнаного тепловим акумулятором із фазовим переходом, під час використання як палива зрідженого нафтового газу.

У цьому дослідженні пропонується комплексно оцінити вплив морфологічної структури системи "КТЗ – Інфраструктура" на рівень розвитку її телематичного забезпечення з урахуванням процесів, що відбуваються під час функціонування елементів системи.

Основна частина

Для комплексного врахування всіх факторів, що впливають на управління експлуатаційною ефективністю КТЗ застосовується системний підхід [13].

Системний підхід передбачає застосування упорядкованої сукупності, методик, способів і прийомів, що застосовуються для кількісного порівняння можливих альтернативних варіантів об'єктів дослідження з метою вибору варіанту, що підлягає реалізації. Тобто, системний підхід дає можливість визначення кількісних характеристик властивостей КТЗ, впливу на них різних факторів, таких як параметри самих КТЗ, параметри інфраструктурного середовища та умов експлуатації, а також визначати вплив КТЗ на навколошне природне середовище у даних інфраструктурних умовах.

Система "КТЗ – Інфраструктура" як об'єкт дослідження описує процеси руху КТЗ із сучасними (тепловими, електричними, гібридними) ене-

роустановками (ЕУ) в заданих умовах інфраструктурного середовища, вихідними результатами яких є продуктивність КТЗ, витрати енергії та викиди на одиницю пробігу чи транспортної роботи, визначає значення цільових показників (обмеження) ефективності експлуатації та параметри управління процесами (зворотні зв'язки) на основі актуальної інформації внутрішньої системи моніторингу технічного стану та режимів руху КТЗ, а також інформації зовнішнього інфраструктурного середовища, що визначає реальні експлуатаційні умови (дорожні, транспортні, метеорологічні тощо) [14, 15].

Представлена функціональна схема системи "КТЗ – Інфраструктура" (рис. 1) об'єднує чотири основних процеси:

- перетворення вихідної енергії у механічну (рівень A, енергоустановка);
- передача механічної енергії до коліс КТЗ (рівень C, трансмісія);
- перетворення обертального руху коліс у поступальний рух КТЗ (рівень E, ходова частина);
- зміна режимів і напрямків руху відповідно до заданого закону руху в результаті взаємодії КТЗ із транспортною інфраструктурою (рівень G, інфраструктурне середовище).

Процеси пов'язані між собою та зовнішнім

середовищем за допомогою масових, енергетичних та інформаційних зв'язків.

Процес рівня A відбувається в енергоустановці КТЗ. Входом цього процесу є кількість поданої вихідної енергії $E_{\text{вих}}$ (залежно від типу енергоустановки – палива, електричної енергії тощо), повна маса КТЗ M_a , маса спорядженого КТЗ M_0 , початкові значення температур двигуна $t_{e,p}$ та каталітичного нейтралізатора $t_{k,p}$. Ці параметри залежать від параметрів навколошнього середовища, що характеризується тиском p_0 та температурою T_0 . Інформація про кількісні значення вхідних параметрів отримується з інформаційної системи OBD (Inf_{OBD}). Виходом процесу рівня A є отримана механічна енергія, що характеризується крутним моментом M_e і частотою обертання n_e вихідного вала двигуна, питома ефективна витрата енергії g_e (МДж/кВт год), питомі викиди шкідливих речовин (ШР) g_i (г/кВт год), кінцеві значення температур двигуна $t_{e,f}$ та каталітичного нейтралізатора $t_{k,f}$. Взаємодія з навколошнім середовищем відбувається у вигляді викидів шкідливих речовин та теплового випромінювання. Інформація про отримані вихідні показники енергоустановки передається у інформаційне хмарне середовище $\text{Inf}_{\text{cloud}}$. Обмеженнями процесу рівня A є граничні значення питомої ефективної витрати енергії $[g_e]$, питомих викидів шкід-

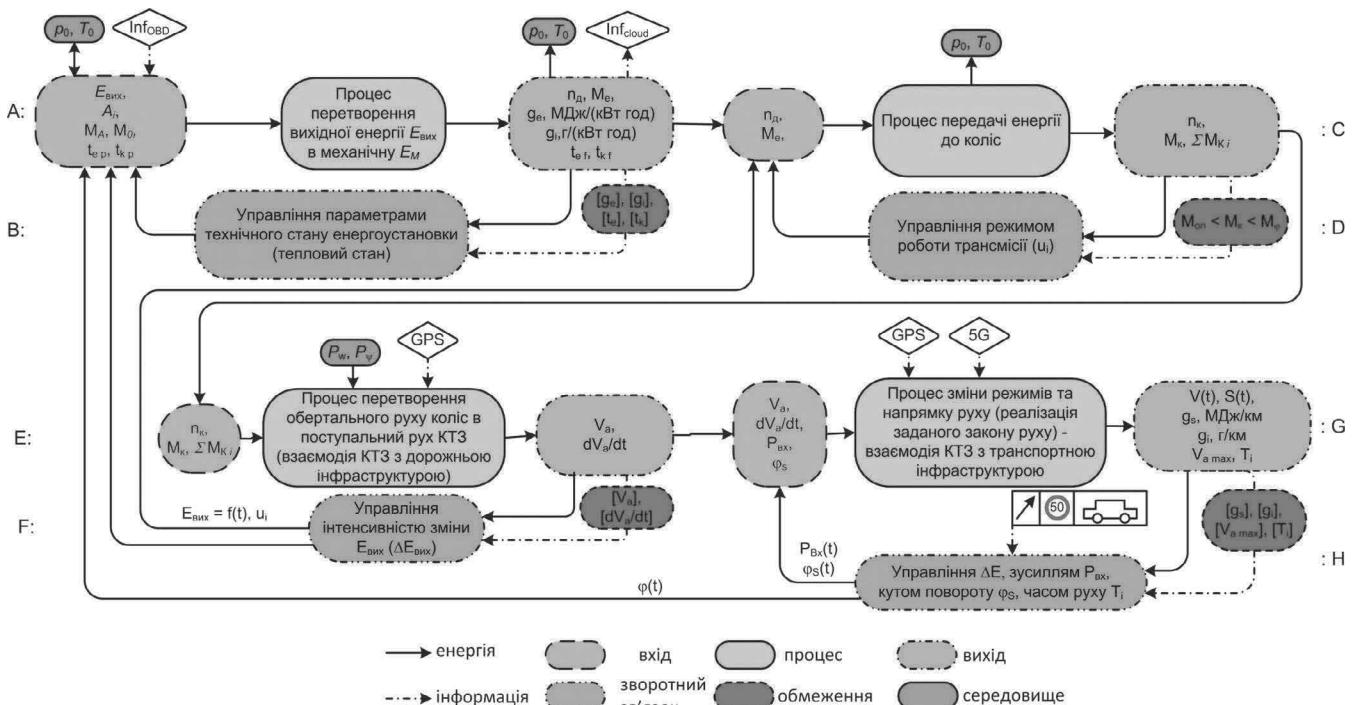


Рис. 1. Функціональна схема системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура"

ливих речовин [g_s], температур двигуна [t_e] та каталітичного нейтралізатора [t_k]. Для досягнення цільових значень вихідних параметрів за допомогою зворотного зв'язку (рівень В) здійснюються управління параметрами технічного стану енергоустановки, зокрема, тепловим станом її окремих елементів.

Процес рівня С відбувається в трансмісії КТЗ. Входом цього процесу є крутний момент M_e і частота обертання n_o вихідного валу двигуна. Взаємодія з навколошнім середовищем на цьому рівні відбувається у результаті енергетичних теплових втрат внаслідок тертя в елементах транс-місії в процесі передачі енергії до коліс КТЗ. Виходом процесу рівня С є механічна енергія на ведучих колесах КТЗ, що характеризується частотою обертання пк та крутним моментом M_k . Обмеженням процесу рівня С є значення крутного моменту на ведучих колесах M_k , що має забезпечувати подолання моменту опору M_{Op} руху КТЗ за умови надійного зчеплення коліс із дорожньою поверхнею (M_ϕ). Досягнення умов цього обмеження реалізується шляхом управління режимом роботи трансмісії за допомогою зворотного зв'язку (рівень D), зокрема, вибором передаточного числа u_i .

Процес рівня Е відбувається в ходовій частині КТЗ. Входом процесу є крутний момент M_k і частота обертання ведучих коліс n_k . Взаємодія із інфраструктурним середовищем на цьому рівні здійснюється шляхом долання сил дорожнього опору P_ψ та опору повітряного потоку P_w . Для забезпечення ефективної взаємодії КТЗ із дорожньою інфраструктурою в процесі автономного управління швидкістю руху використовується інформація про технічні характеристики дороги, отримана за допомогою системи GPS. Виходом процесу є швидкість руху V_a та прискорення dV_a/dt КТЗ. Обмеженнями процесу є ефективні з погляду забезпечення максимальної продуктивності та мінімальних витрат енергії і викидів швидкість [V_a] та прискорення [dV_a/dt] КТЗ. Для досягнення умов, визначених даними обмеженнями, за допомогою зворотного зв'язку (рівень F) здійснюються управління інтенсивністю зміни надання вихідної енергії E_{aux} КТЗ в енергоустановці ($E_{aux} = f(t)$) і управління трансмісією (u_i).

Процес рівня G відбувається в інфраструктурному середовищі. Входом процесу є швидкість руху V_a , прискорення dV_a/dt КТЗ, зусилля P_{ax} та кут повороту φ_s , які створюються виконавчими пристроями гальмівної системи та рульового керування. Для забезпечення ефективної взаємодії КТЗ із транспортною інфраструктурою в процесі автоко-

много управління режимами та напрямком руху використовується інформація транспортні умови інфраструктурного середовища (інтенсивність дорожнього руху на можливих маршрутах), отримана за допомогою віддалених серверів аналізу дорожнього руху та передана до бортових пристріїв КТЗ разом із інформацією про поточне місце знаходження КТЗ (GPS) з використанням мережі 5G. Виходом процесу є реалізований швидкісний закон руху КТЗ на маршруті ($V(t)$, $S(t)$) із відповідними шляховими витратами енергії g_s (МДж/км) та викидами шкідливих речовин g_i (г/км), досягнута максимальна швидкість на маршруті V_{amax} , час руху T_r . Обмеженнями системи є граничні значення шляхових витрат енергії [g_s] та викидів шкідливих речовин [g_i], максимальної швидкості КТЗ на маршруті [V_{amax}], часу руху КТЗ [T_r]. Досягнення цільових вихідних показників КТЗ та обмежень системи забезпечується управлінням інтенсивністю зміни вихідної енергії ΔE_{aux} через виконавчий пристрій управління режимом роботи енергоустановки ($\varphi(t)$), зусиллям P_{ax} та кутом повороту φ_s , які створюються виконавчими пристроями гальмівної системи ($P_{ax}(t)$) та рульового керування ($\varphi_s(t)$), часом руху КТЗ T_r . Дані управлюючі дії здійснюються за допомогою зворотного зв'язку (рівень H) з урахуванням інформації від засобів інформаційного забезпечення учасників дорожнього руху.

Ефективність функціонування системи залежить від рівня телематичного забезпечення її основних функціональних елементів, яке дає змогу отримувати, обробляти та аналізувати інформацію про технічний стан та режими руху КТЗ та управляти ними з метою досягнення максимальної продуктивності (максимально можливої за умов виконання вимог безпеки швидкості) за мінімальних питомих витрат енергії (МДж/км, МДж/ткм, МДж/пас.км) та викидів (г/км, г/ткм, г/пас.км) в заданих умовах інфраструктурного середовища [14, 15].

Рівень телематичного забезпечення функціонального елемента "КТЗ" характеризується такими морфологічними ознаками (рис. 2):

- наявність засобів ідентифікації технічних характеристик КТЗ та його підсистем;
- наявність засобів безперервного моніторингу параметрів технічного стану КТЗ;
- наявність засобів контролю поточних швидкості КТЗ, витрати енергії та забруднюючих викидів;
- наявність засобів просторової ідентифікації режимів руху КТЗ;

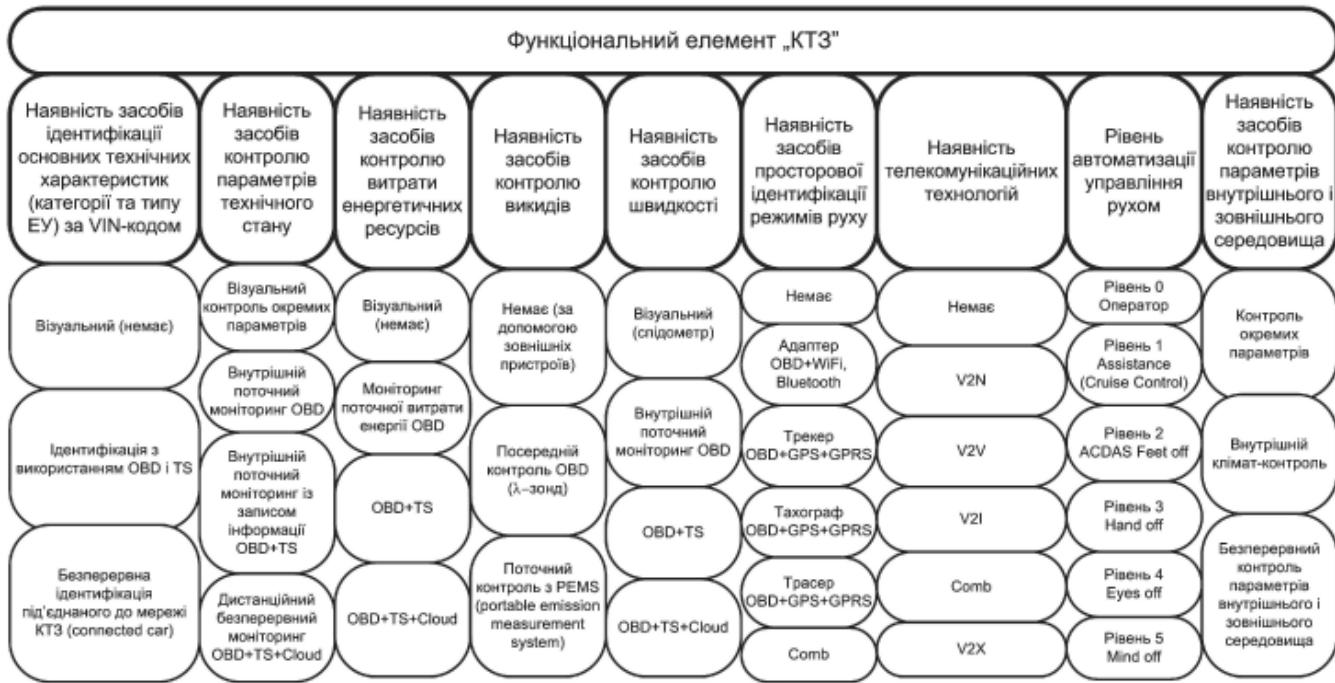


Рис. 2. Морфологічна матриця телематичного забезпечення системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура": функціональний елемент "КТЗ"

- наявність сучасних телекомуникаційних технологій для зв'язку з іншими елементами системи;
- рівень автоматизації управління рухом КТЗ;
- наявність засобів контролю характеристик оператора;
- наявність засобів контролю параметрів внутрішнього і зовнішнього середовища.

Рівень телематичного забезпечення функціонального елемента "Інфраструктура" (рис. 3) характеризується такими морфологічними ознаками:

- наявність засобів ідентифікації зовнішніх метеорологічних умов;
- наявність засобів ідентифікації характеристик дороги;



Рис. 3. Морфологічна матриця телематичного забезпечення системи "Колісні транспортні засоби – Інфраструктура": функціональний елемент "Інфраструктура"

- наявність засобів ідентифікації КТЗ та швидкості їх руху;
- наявність засобів контролю складу транспортного потоку (ТП) та його інтенсивності;
- рівень організації дорожнього руху;
- рівень інформаційного забезпечення учасників руху;
- рівень системи телекомунікації;
- наявність телекомунікаційних технологій із учасниками руху.

В описі морфологічних ознак і варіантів їх реалізації використано наступні скорочені позначення: VIN – Vehicle Identification Number (ідентифікаційний номер транспортного засобу); OBD – On-Board Diagnostics (бортова система діагностики); TS – Testing Systems (тест-системи); Cloud – "хмарне" сховище даних; PEMS – Portable Emission Measurement System (портативна система вимірювання викидів); Wi-Fi, Bluetooth, GPRS – бездротові мережі передачі даних; GPS – Global Positioning System (глобальна система позиціонування); V2V – Vehicle to Vehicle (підключення даного КТЗ до іншого КТЗ); V2X – Vehicle to "X" (КТЗ підключений до "всього"); Feet off – рівень автоматизації, що звільняє від необхідності користування ногами для управління КТЗ; Eyes off – рівень автоматизації, що звільняє від необхідності користування очима для управління КТЗ; Mind off – повністю автономний рівень автоматизації управління КТЗ; RFID – Radio Frequency Identification (радіочастотна ідентифікація); Smart інформаційне забезпечення – "розумний" рівень інформаційного забезпечення учасників руху (з елементами штучного інтелекту); Time-dependent – залежний від часу рівень управління; Transport-dependent – залежний від інтенсивності руху рівень управління; 3G, 4G, 5G – стандарти мобільної передачі даних; I2P – Infrastructure to Pedestrian (система зв'язку інфраструктури та пішоходів); Comb – Combination (комбінація різних варіантів).

У системі можуть бути відсутні засоби для реалізації тієї чи тієї морфологічної ознаки або наявні варіанти її реалізації найсучаснішими засобами.

Поєднання окремих варіантів усіх морфологічних ознак обох функціональних елементів формує морфологічну структуру телематичного забезпечення досліджуваної системи "КТЗ – Інфраструктура", яка загалом визначає ефективність її функціонування.

Для оцінювання конкретної морфологічної структури запропоновано метод визначення рівня

розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ – Інфраструктура" та її функціональних елементів, який враховує рівень розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктури.

Метод ґрунтуються на принципі рівнозначності морфологічних ознак (кожна ознака має одинаковий вплив на рівень розвитку) та дає змогу оцінювати морфологічну структуру системи за шкалою від 0 до 5 (за основу взято ознаку "Рівень автоматизації управління рухом КТЗ": 0 – найнижчий (базовий) рівень; 5 – найвищий рівень (повна автономість)).

Рівень розвитку телематичного забезпечення окремої морфологічної ознаки:

$$P_i = 5 \cdot (j_i - 1)/(n_i - 1), \quad (1)$$

де:

j_i – номер варіанта реалізації і-тої морфологічної ознаки;

n_i – число варіантів реалізації і-тої морфологічної ознаки.

Рівень розвитку телематичного забезпечення КТЗ:

$$P_{KTZ} = \sum P_i^{KTZ} / m_{KTZ}, \quad (2)$$

де:

$\sum P_i^{KTZ}$ – сума рівнів розвитку телематичного забезпечення усіх морфологічних ознак КТЗ;

m_{KTZ} – кількість морфологічних ознак КТЗ.

Рівень розвитку телематичного забезпечення інфраструктури:

$$P_{Inf} = \sum P_i^{Inf} / m_{Inf}, \quad (3)$$

де:

$\sum P_i^{Inf}$ – сума рівнів розвитку телематичного забезпечення усіх морфологічних ознак інфраструктури;

m_{Inf} – кількість морфологічних ознак інфраструктури.

Рівень розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ – Інфраструктура":

$$P_{KTZ-Inf} = (P_{KTZ} + P_{Inf}) / 2. \quad (4)$$

Наприклад, у разі відсутності засобів для реалізації телематичного забезпечення за відповідними морфологічними ознаками функціональних елементів системи формується морфологічна структура "Базовий КТЗ у традиційній інфраструктурі". Рівень розвитку базової структури дорівнює $P_{KTZ-Inf} = 0$.

Зміна одного з варіантів реалізації будь-якої ознаки обох функціональних елементів формує нову структуру телематичного забезпечення системи і може розглядатись як спосіб підвищення ефективності функціонування системи "КТЗ – Інфраструктура".

Так, наприклад, реалізація морфологічної структури "Підключений КТЗ в інфраструктурі з розширенім контролем параметрів" (рис. 4) передбачає використання в КТЗ пристройів підключення до системи OBD та зв'язку з віддаленим сервером бази даних, телекомунікаційних технологій рівня "Vehicle to Network" (V2N) [4], рівня 1 автоматизації управління рухом (Cruise Control) [16] та клімат-контролю [17]. Інфраструктурне середовище може мати засоби контролю фізичних параметрів навколошнього середовища, засоби ідентифікації технічних характеристик дороги на основі статистичної інформації із бази даних, індуктивні датчики контролю інтенсивності та складу транспортного потоку, відеокамери безперервного контролю швидкості КТЗ, адаптивне інформаційне забезпечення учасників руху, транспортно-залежне управління дорожнім рухом, під-

ключення до інформаційної мережі (Infrastructure to Network, I2N) за допомогою стандартів зв'язку рівня 3-4G [14, 15].

Для реалізації зазначененої структури "Підключений КТЗ в інфраструктурі з розширенім контролем параметрів" можуть використовуватись відповідні апаратно-програмні рішення, що залежать від типу КТЗ. Наприклад, для підключення та управління технічним станом традиційним КТЗ в рамках окремої мережі транспортного підприємства використовується інтелектуальний програмний комплекс (ІПК) для збору поточних робочих параметрів двигуна КТЗ і системи очищення відпрацьованих газів [14, 15]. Дана система використовує бортове обладнання стандарту OBD-II, підключене до бортової інформаційної системи, додаткові датчики та трекер-контролер, що передають дані за допомогою мобільних мереж зв'язку до віддаленого серверу даних, автоматизованого робочого місця та інших учасників процесу технічної експлуатації КТЗ та отримують зворотну інформацію для ефективного управління КТЗ. Рівень розвитку такої структури морфологічного забезпечення підвищується до $P_{KTZ-Inf} = 2,46$.

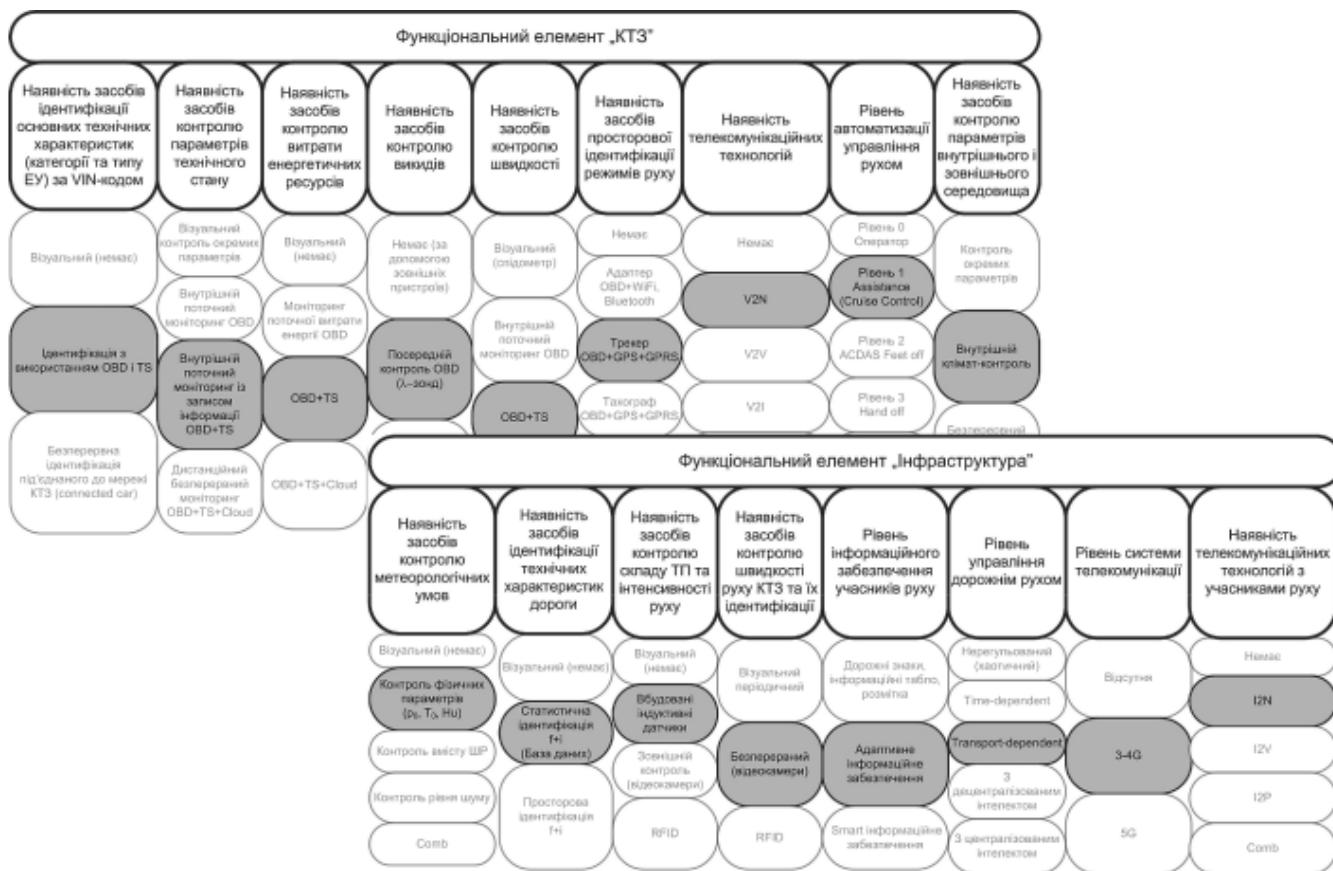


Рис. 4. Реалізація морфологічної структури "Підключений КТЗ в інфраструктурі з розширенім контролем параметрів"

До основних елементів зазначеного ПК, що забезпечують збір, відтворення і передачу до віддаленого серверу даних інформації OBD належать відповідний адаптер та інформаційний пристрій (наприклад, смартфон із відповідним програмним забезпеченням), які встановлюють у салоні КТЗ [14, 15]. Це забезпечує аналіз отриманої інформації про основні робочі процеси двигуна, каталітичного нейтралізатора і КТЗ у онлайн-режимі на автоматизованому робочому місці транспортного підприємства для ефективної експлуатації КТЗ в умовах інфраструктурного середовища.

Алгоритми роботи автоматизованого робочого місця транспортного підприємства передбачають обробку вхідних даних від бортової системи OBD, отримані в умовах експлуатації КТЗ у інфраструктурному середовищі та даних супутникової системи GPS про поточні швидкість і місцезнаходження КТЗ для отримання масиву параметрів про поточні характеристики маршруту КТЗ та їх використання у математичній моделі системи "КТЗ – Інфраструктура" для визначення, наприклад, показників екологічної безпеки під час руху КТЗ на реальному маршруті та інших цільових показників ефективності експлуатації КТЗ.

Реалізація перспективної морфологічної структури "Підключений до інфраструктури КТЗ із повним контролем параметрів" передбачає використання в КТЗ пристрій підключення до системи OBD та зв'язку з віддаленим сервером бази даних, що забезпечують його безперервну ідентифікацію в мережі (Connected Car), безперервний дистанційний моніторинг технічних параметрів КТЗ і безпосередній контроль викидів зі збереженням даних у хмарному сховищі даних, телекомуникаційних технологій рівня "Vehicle to Infrastructure" (V2I) [5], рівня 3 автоматизації управління рухом (Hand off) та безперервного контролю параметрів внутрішнього і зовнішнього середовища КТЗ. Інфраструктурне середовище може мати засоби контролю фізичних параметрів навколошнього середовища, вмісту шкідливих речовин і рівня шуму, засоби просторової ідентифікації технічних характеристик дороги, RFID-датчики контролю інтенсивності і складу транспортного потоку та контролю швидкості окремих КТЗ, інтелектуальне інформаційне забезпечення учасників руху та управління дорожнім рухом, підключення за допомогою інформаційної мережі зі стандартами зв'язку рівня 5G до інформаційних пристрій окремих КТЗ (Infrastructure to Vehicle, I2V) [6]. Така структура телематичного забезпе-

чення системи "КТЗ – Інфраструктура" підвищує рівень її розвитку до 4,47.

Висновки

Із використанням системного підходу узагальнено структуру системи "КТЗ – Інфраструктура", зокрема, представлено її у вигляді функціональної схеми, яка об'єднує основні процеси системи в енергоустановці, трансмісії, ходовій частині та взаємодію з інфраструктурним середовищем, вхідні величини та вихідні показники цих процесів, зворотні зв'язки, що забезпечують управління параметрами процесів для досягнення бажаних показників ефективності системи.

Запропоновано метод систематизації телематичного забезпечення системи "КТЗ – Інфраструктура", який дає змогу аналізувати існуючі та формувати нові морфологічні структури системи, які розглядаються як способи підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ із вдосконаленим телематичним забезпеченням основних функціональних елементів.

Запропоновано метод визначення рівня розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ – Інфраструктура" та її функціональних елементів, який враховує рівень розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктури. Визначено морфологічні структури телематичного забезпечення системи "КТЗ – Інфраструктура" для дослідження, які поєднують варіанти різного рівня розвитку 16 морфологічних ознак функціональних елементів "КТЗ" та "Інфраструктура".

References

1. Kravchenko O. P. (2007). Naukovi osnovy upravlinnya efektyvnistyu ekspluatatsiyi avtomobil'nykh poyizdiv: dys. ... dokt. tekhn. nauk: 05.22.20 – Ekspluatatsiya ta remont zasobiv transportu. [Scientific bases of management of efficiency of operation of automobile trains]. Kharkiv, 480.
2. Myhal' V. D. (2018). Intelektual'ni sistemy v tekhnichniy ekspluatatsiyi avtomobiliv : monohrafiya [Intelligent systems in a technical production car: a monograph]. Kharkiv, Maydan, 262.
3. Lysyy O. V. (2016). Pidvyshchennya efektyvnosti ekspluatatsiyi avtomobil'nykh poyizdiv shlyakhom upravlinnya yikh tekhnichnym stanom : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.20 – Ekspluatatsiya ta remont zasobiv transportu. [Improving the efficiency of operation of road trains by managing their technical condition]. Kharkiv, 20.
4. Flah, A., Mahmoudi, C. (2019). Design and analysis of a novel power management approach, applied on a connected vehicle as V2V, V2B/I, and V2N. Int J Energy Res, 43 6869– 6889. <https://doi.org/10.1002/er.4701>
5. Dey, K.C., Rayamajhi, A., Chowdhury, M., Bhavsar, P., Martin, J. (2016). Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network – Performance evaluation. Transportation Research Part C: Emerging Technologies 68, 168-184. doi:10.1016/j.trc.2016.03.008
6. Farah, H., Koutsopoulos, H. N., Saifuzzaman, M., Kolbl, R., Fuchs, S., & Bankosegger, D. (2012). Evaluation of the effect

- of cooperative infrastructure-to-vehicle systems on driver behavior. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 21(1), 42-56. doi:10.1016/j.trc.2011.08.006
7. Volkov V.P., Hrytsuk I.V., Symonenko R.V., Hrytsuk Yu.V., Volkov Yu.V. (2017). Osoblyvosti struktury i vzayemoz"yazku funktsional'nykh mozhlyvostey bortovoho informatsiynoho kompleksu dlya zabezpechennya informatsiynoho obminu mizh elementamy ITs transportnoho zasobu. [Features of the structure and application of the "language of functionality of the onboard information complex to ensure the use of information between the elements of the vehicle IT"]. Visnyk NTU, 3 39, 21-31.
8. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y. et al. (2018). Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions, SAE Technical Paper 2018-01-0024. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>.
9. Gritsuk, I., Zenkin E.Y., E., Bulgakov, N., Golovan, A. et al. (2018).The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units, SAE Technical Paper 2018-01-1773. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.
10. Hrytsuk I. V., Mateychyk V. P., Symonenko R. V., Khudyakov I. V. (2019). Osoblyvosti dystantsiynoyi identyfikatsiyi rezhyimiv roboty vodiya v informatsiyniy systemi monitorynemu transportnoho zasobu. [Systemy i ?rodki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Efektywno?? i bezpiecze?stwo]. Transport, Rzeszow, 7-15.
11. Mateichyk, V., M. Saga, M. Smieszek, M. Tsiuman, N. Goridko, I. Gritsuk, and R. Symonenko. (April 2, 2020). Information and Analytical System to Monitor Operating Processes and Environmental Performance of Vehicle Propulsion Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 776: 012064. doi:10.1088/1757-899x/776/1/012064.
12. Gritsuk, Igor, Dmytro Pohorletskyi, Vasyl Mateichyk, Roman Symonenko, Mykola Tsiuman, Mykita Volodarets, Nickolay Bulgakov, et al. (September 15, 2020). Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems). *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2020-01-2031.
13. M. F. Dmytrychenko & the other. (2014). Metody sistemnoho analizu vlastyvostey avtomobil'noyi tekhniki. [Methods of system analysis of properties of automobile equipment]. Kyiv, National Transport University, 163.
14. V. P. Volkov & the other. (2015). Intelektual'ni sistemy monitorynemu transport. [Intelligent transport monitoring systems]. Kharkiv, NTMT, 244.
15. M. F. Dmytrychenko & the other. (2016). Prohramne zabezpechennya system monitorynemu transport. [Software for transport monitoring systems]. Kyiv, National Transport University, 202.
16. Kakinami, Toshiaki, Mitsuyoshi Saiki, and Jun Sato. (1993). Vehicle cruise control system. U.S. Patent No. 5, 230, 400.
17. Hennessee, Robert P., Steven C. Huetteman, and Ron M. Markowitz. (August 20, 1996). Vehicle climate control system and operating method. U.S. Patent No. 5, 547, 125.

УДК 621.01

© М. Е. Тернюк, докт. техн. наук, професор,
e-mail: imisnet@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3485-8748,
президент Міжнародної академії наук і інноваційних технологій;
© О. М. Красносітан, канд. техн. наук,
e-mail: olexander.krasnoshtan@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-9866-9930
(Національний транспортний університет)

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-1-265-30-35

© Mykola Ternyuk, Doctor of Technical Science (D.Sc.),
e-mail: imisnet@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3485-8748,
President of International Academy of Sciences and Innovative Technologies;
© Oleksander Krasnoshtan, Candidate of Technical Science (PhD), e-mail: olexander.krasnoshtan@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-9866-9930
(National Transport University)

МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

DEVELOPMENTAL DESIGN METHOD FOR INNOVATIVE TRANSPORTATION SYSTEMS

Аннотація. Запропоновано принципово новий метод проектування інноваційних транспортних систем – метод розвиваючого проектування.

Об'єкт дослідження – інноваційні транспортні системи як частина загальної техносфери землі.

Мета роботи – визначення методів підвищення технічного рівня інноваційних транспортних систем та підходи до їх розвитку з використанням наукових знань, що перебувають на межі світового порогу знань. Метод розвиваючого проектування належить до методів підвищення гнучкості системи за умови збереження стабільно високих експлуатаційних та економічних показників функціонування системи.

Метод дослідження – системний аналіз та комплексна структурно-параметрична оптимізація.

В основу існуючих методів проектування інноваційних транспортних систем покладено поєднання евристичного і розрахункового підходів. Вони передбачають початкове формування концепції інноваційних транспортних систем, визначення їх структурних композицій на

основі інтуїтивно-рефлекторних процедур і подальше розрахункове визначення техніко-економічних показників всіх елементів інноваційних транспортних систем. Відмінною рисою існуючих методів є недостатня формалізація першої фази проєктування, і, внаслідок цього, недостатня передбачуваність отримання необхідних рішень, відсутність гарантій вирішення завдань загалом. Зазначена особливість разом із потребою автоматизації інженерної праці та гармонізації відносин в системі "природа – техніка – людина" породжує необхідність пошуку інших методів проєктування, які забезпечували б більш ефективні процедури та результати синтезу.

Ключові слова: інноваційні транспортні системи, інноваційний розвиток, розвиваюче проєктування, системний підхід.

Аннотация. Предложен принципиально новый метод проектирования инновационных транспортных систем – метод развивающего проектирования.

Объект исследования – инновационные транспортные системы как часть общей техносферы земли.

Цель работы – определение методов повышения технического уровня инновационных транспортных систем и подходы к их развитию с использованием научных знаний, находящихся на грани мирового порога знаний. Метод развивающего проектирования относится к методам повышения гибкости системы при сохранении стабильно высоких эксплуатационных и экономических показателей функционирования системы.

Метод исследования – системный анализ и комплексная структурно-параметрическая оптимизация.

В основу существующих методов проектирования инновационных транспортных систем положено сочетание эвристического и расчетного подходов. Они предусматривают первоначальное формирование концепции инновационных транспортных систем, определения их структурных композиций на основе интуїтивно-рефлекторных процедур и дальнейшее расчетное определение технико-экономических показателей всех элементов инновационных транспортных систем. Отличительной особенностью существующих методов является недостаточная формализация первой фазы проектирования, и, вследствие этого, недостаточная предсказуемость получения необходимых решений, отсутствие гарантій решения задач в целом. Указанная особенность вместе с необходимостью автоматизации инженерного труда и гармонизации отношений в системе "природа – техника – человек" порождает необходимость поиска других методов проектирования, обеспечивающих более эффективные процедуры и результаты синтеза.

Ключевые слова: инновационные транспортные системы, инновационное развитие, развивающее проектирование, системный подход.

Abstract. The proposes of article is a fundamentally new method of designing innovative transport systems is the method of developmental design.

The object of study to innovative transport systems as part of the general technosphere of the Earth.

The purpose of the work is to determine the methods of improving the technical level of innovative transport systems and approaches to their development using scientific knowledge that is on the verge of the world knowledge threshold. The method of developmental design refers to methods of increasing the flexibility of the system while maintaining consistently high operational and economic performance of the system. Research method: system analysis and complex structural-parametric optimization.

The existing methods of designing innovative transport systems are based on a combination of heuristic and computational approaches. They provide for the initial formation of the concept of innovative transport systems, the definition of their structural compositions on the basis of intuitive-reflex procedures and the subsequent calculation of technical and economic indicators of all elements of innovative transport systems. A distinctive feature of the existing methods is the insufficient formalization of the first phase of design, and, as a result, insufficient predictability of obtaining the necessary solutions, the lack of guarantees for solving problems in general. This feature, together with the need to automate engineering work and harmonize relations in the system "Nature – Technology – Man" creates the need to find other design methods that would provide more efficient procedures and synthesis results.

Keywords: innovative transport systems, innovative development, developmental design, system approach.

Вступ

Транспортні системи належать до об'єктів, які відіграють важливу роль у життєдіяльності людини. Це найбільш масові технічно складні об'єкти. Їх створення є високоавтоматизованим і високоорганізованим виробничим процесом. Попадки від створення і подальшого використання транспортних систем є однією з найбільш вагомих статей доходів у бюджетах різних рівнів. Тому розвитку методів проєктування транспортних систем приділяється велика увага.

В основу існуючих методів проєктування інноваційних транспортних систем покладено поєднання евристичного і розрахункового підходів. Вони передбачають початкове формування концепції інноваційних транспортних систем, визначення їх структурних композицій на основі інтуїтивно-рефлекторних процедур і подальше розрахункове визначення техніко-економічних показників всіх елементів інноваційних транспортних систем. Відмінною рисою існюю-

чих методів є недостатня формалізація першої фази проєктування, і, внаслідок цього, недостатня передбачуваність отримання необхідних рішень, відсутність гарантій вирішення завдань загалом. Зазначена особливість разом із потребою автоматизації інженерної праці та гармонізації відносин у системі "природа – техніка – людина" породжує необхідність пошуку інших методів проєктування, які дали б змогу забезпечити більш ефективні процедури та результати синтезу.

Наразі існуючі методи і підходи до планування та проєктування розвитку інноваційних транспортних систем дозволяють реалізувати лише екстенсивний їх розвиток. Для забезпечення інтенсивного розвитку інноваційних транспортних систем необхідним є застосування нових методів. Зокрема, таким підходом є використання методу розвиваючого проєктування і його адаптація до процесу розвитку інноваційних транспортних систем.

Вирішення цієї проблеми набуває особливої актуальності у зв'язку із застарілістю інфраструктури і рухомого складу різних видів транспорту. Тому назріла потреба забезпечити розвиток транспортної системи України, і необхідним та доцільним є застосування широких методів і підходів, здатних забезпечити стабільний інноваційний розвиток.

Метою статті є виклад основ нового методу розвиваючого проєктування інноваційних транспортних систем, в основі якого будуть передові досягнення світової науки та технічного розвитку.

Головним методом досягнення поставленої мети є метод розвиваючого проєктування та спрямованого синтезу.

Метод базується на використанні закономірностей структури і розвитку технічних систем [1, 2], а також на застосуванні інформації про гомологічних рядах техніки [3].

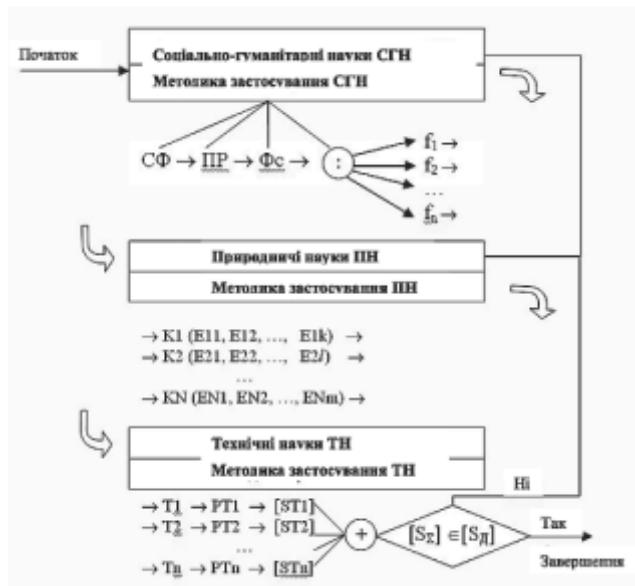
Суть методу: структури інноваційних транспортних систем, які створюються для майбутніх періодів, задаються як структури об'єктів, які отримали розвиток на m поколінь у порівнянні з наявним зразком n -го покоління. Для $n + m$ -го покоління визначається статистично достовірний період реалізації на основі вивчення тенденцій зміни поколінь техніки. Крім того, на основі вивчення цих же тенденцій, встановлюється значення основних вихідних параметрів системи, що визначають процедуру вибору даної техніки серед аналогічних. Зазвичай період життя одного покоління інноваційних транспортних систем становить 4-7 років, а поліпшення експлуатаційних показників – на 25-30%.

Ці методи розроблені для застосування на всіх видах наземного транспорту: автомобільний, залізничний, міський електротранспорт (тролейбус, трамвай), метрополітен, а також на повітряному, морському та річковому транспорті. Під час створення проектів відповідних систем за видами транспорту потрібно використовувати відповідні частини цих методів.

Основна частина

Для реалізації завдань синтезу інноваційних транспортних систем методом розвиваючого проєктування використовується процедура, яка містить чотири етапи, використовує знання, які стосуються наукових дисциплін різних груп знань. Це пов'язано з особливостями забезпечення комплексності оптимізації та застосування принципу інформаційної співпідпорядкованості етапів синтезу можливих рішень, згідно з яким на по-

передньому етапі повинна бути підготовлена інформація для реалізації наступного етапу. На **схемі 1** показана загальна послідовність синтезу інноваційних транспортних систем [4].



На **схемі 1** позначено: СФ – сфера використання транспортного засобу; Пр – призначеного транспортного засобу; ФО – загальна функція інноваційної транспортної системи, яка розкладається на складові f_i , $i \in \{1, m\}$.

Визначення СФ, Пр, ФО становить перший етап процедури проєктування інноваційних транспортних систем. Тут передбачається використання за певною методикою знань соціально-гуманітарних наук.

На другому етапі синтезу визначаються класи K_j ($Ej1, Ej2, ..., Ejk$) фізичний, хімічних або біологічних ефектів, які визначають принцип дії інноваційних транспортних систем і їх елементів. Це сфера застосування знань природничих наук.

На третьому етапі створення транспортних систем використовуються знання, що належать до технічних наук, на основі яких визначають технологічні процеси T_i , $i \in \{1, p\}$, рівні технізації UT_i , $i \in \{1, q\}$ і синтезують елементарні структури $[ST_i]$, $i \in \{1, t\}$. Це дає змогу отримувати варіанти спільних структур $[S\Sigma]$, які за відповідного допуску $[S_d]$, належать до класу прийнятних для реалізації структур. При цьому допуск $[S_d]$ визначається на основі даних соціогуманітарних і природничих наук.

Четвертий етап необхідний для організації оптимального алгоритму поведінки інноваційних транспортних систем залежно від поточного прогнозу потреб у послугах цих систем на момент синтезу.

Для інноваційних транспортних систем алгоритм, наведений на **схемі 1** дає змогу знайти область можливих структурних рішень.

Із цієї області методом комплексної оптимізації за обраним критерієм з урахуванням фізичних, технічних, організаційних, часових і економічних обмежень забезпечується вибір оптимального варіанту і його реалізація.

Зазначенім замикається перший цикл проєктування і визначення технології діяльності транспортних систем.

Ключовою позицією для методу розвиваючого проєктування є визначення напрямів розвитку, необхідних для синтезу можливих структур систем нових поколінь. Ці напрями можуть бути визначені керуючись тим, що загальним для всіх природних і технічних систем на сьогодні вважається принцип антропності [5]. Згідно з цим принципом структура функцій створюваних систем дискретно еволюціонує в напрямі наближення до структури функцій поліантропної системи.

З принципу антропності випливають конкретні напрямки розвитку, до яких належать: перехід від одниничного до множинного, від некерованого до керованого; від меншого до більшого ступеня відповідності ідеальному об'єкту тощо. При цьому послідовно можуть розглядатися перетворені субстанції: речовина, енергія та інформація в різних природних і перетворених формах.

Загальні напрями зміни атрибутивів інноваційних транспортних систем у процесі розвитку можна викласти так, як показано в **табл. 1**.

У якісному відношенні системи розвиваються в напрямі наближення до ідеальних технічних об'єктів. Кількісні показники структур об'єктів техніки підлягають оптимізації, виходячи з призначення системи і вимог до продуктивності, інших важливих характеристик.

Основні з наведених в **табл. 1** атрибутиві – внутрішні по відношенню до системи – пов'язані між собою зв'язками згідно зі схемою 2.

Схема 2 відображає зв'язаність головних атрибутивів системи і виділяє її ядро, яким є її центр. Останній відповідає ієрархічним рівням власне системи, її основних функцій у теперішньому часі. Ядро визначає вид системи і задає цим її основну ознаку відмінності.

Таблиця 1

Загальні напрями зміни атрибутивів інноваційних транспортних систем у процесі розвитку

№ зп	Атрибут	Загальні напрями розвитку атрибутивів інноваційних транспортних систем					
		Покоління n	Покоління n+1	Покоління n+2	...	Покоління n+m	
1	2	3	4	5	6	7	
1	Область застосування	Моносферне	Двосферне	Трьохсферне	...	Полісферне	
2	Призначення	Спеціалізоване	Розширене	Розширене	...	Універсальне	
3	Функції	Монофункціональне	Біфункціональне	Трьохфункціональне	...	Багатофункціональне	
4	Ефекти	З одним ефектом	З двома ефектами	З трьома ефектами	...	З множиною ефектів	
5	Процеси	Дискретно-неперервні	Неперервно-дискретні	Неперервно-дискретні	...	Неперервно-дискретні	
6	Структура	Постійна	Здатна до переналадження	Здатна до модернізації на основі гомологічних рядів	...	Здатна до самомодернізації на основі гомологічних рядів	
7	Параметри	Існуючі (100%)	Покращені за рахунок наближення до ідеального значення на (25-30%)	Покращені за рахунок наближення до ідеального значення на (50-60%)	...	Покращені за рахунок наближення до ідеального значення на (m(25-30)%)	

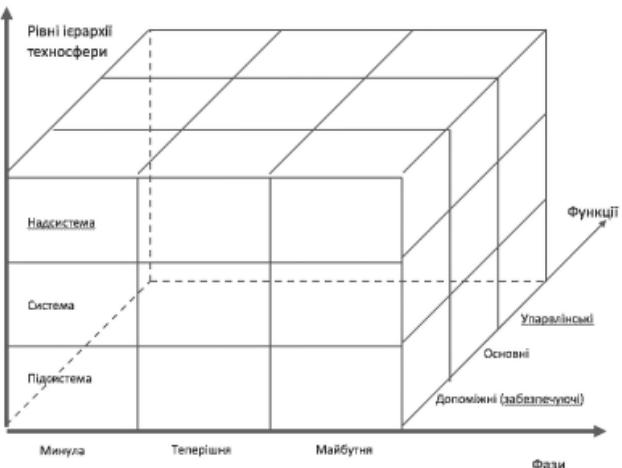


Схема 2. Структура атрибутів визначення системи

Відповідно до схеми 2, система позиціонується своїм ядром в загальній ієрархії техносфери (табл. 2). Її атрибути зв'язуються часом (етапами, фазами розвитку), функціональністю і внутрішньою по відношенню до ієрархії техносфери ієрархією. При цьому зберігаються базові категоріальні плани системи: структурний, процесуальний, функціональний, морфологічний, субстратної.

Під час розв'язання задачі синтезу враховуються всі етапи життєвого і більш високих циклів системи: породження, функціонування, розвитку і перетворення. Крім того, беруться до уваги комунікації системи з локальним і загальним середовищем на предмет їх відповідності нормативним вимогам.

Виходячи з викладеного, загальний алгоритм розвиваючого проєктування інноваційних транспортних систем може бути представлений так. На першому етапі, керуючись даними соціально-гуманітарних наук, послідовно встановлюються значення атрибутів для $n + 1, n + 2, \dots, n + m$ поколінь техніки, де n – для існуючого покоління. Визначається оптимальна структура відповідно до схеми 1. При цьому структури нових поколінь інноваційних транспортних систем формуються на основі структур гомологічних рядів техніки, що забезпечує охоплення повної області можливих рішень, необхідних за умови комплексної оптимізації. Структури параметризуються. Параметри розраховуються традиційними інженерними методами. Визначаються критерії ефективності. За критеріями ефективності системи $n + m$ поколін-

Таблиця 2

Ієрархічні рівні об'єктів техносфери

Ієрархічні рівні	Об'єкти техносфери
1	Метатехносфера
2	Техносфера Землі
3	Глобальні транспортні системи
4	Міжконтинентальні транспортні системи
5	Континентальні транспортні системи
6	Міжрегіонально-континентальні транспортні системи
7	Міжнародні (міждержавні) транспортні системи
8	Транспортні системи окремих держав
9	Внутрішні міжрегіональні транспортні системи
10	Галузеві транспортні системи
11	Інтегральні транспортні системи об'єднань і підприємств
12	Інтегральні багатовимірні системи машин
13	Інтегральні одновимірні системи машин
14	Системи машин
15	Машини, апарати
16	Системи механізмів, агрегатів
17	Механізми, пристосування
18	Кінематичні групи, блоки
19	Кінематичні пари, вузли
20	Деталі (ланки) механізмів і машин
21	Елементи деталей (ланок) механізмів і машин

ня, шляхом порівняння з прогнозними статистичними значеннями цих критеріїв, вибирається таке мінімальне значення m , за якого інноваційна транспортна система буде гарантовано відповісти вимогам технічного завдання і конкурентоспроможності на заданому інтервалі часу. При цьому можуть використовуватися імовірнісні методи, а також різні прийоми прогнозу економічних характеристик техніки залежно від її інноваційного рівня [6]. Інноваційний рівень, зазвичай, повинен бути не менше ніж п'ятий, оскільки новостворювана техніка, що забезпечує собі досить високу конкурентоздатність на ринку, повинна мати нову елементну базу і нові функції, які реалізуються за допомогою нових принципів дії.

Оскільки під час проектування використовуються загальні закономірності розвитку техніки, забезпечується покроковий перехід від покоління до покоління транспортних систем із забезпеченням поліпшення критеріїв ефективності та якості зростання на кожному переході на 25-30%. Таким чином, залежно від вимог зростання цих критеріїв, що розвиває метод проектування, він дає змогу забезпечувати пошук необхідних структурних та параметричних рішень транспортних систем. При цьому забезпечується поліпшення рівня їх комунікації з локальним і загальним середовищами із наявністю зворотного зв'язку в загальній послідовності синтезу таких систем (**схема 1**) під час пошуку оптимального рішення. Останнім формується стійкий процес гармонізації відносин у системі "природа – техніка – людина".

ДО УВАГИ!



ктронного обладнання, встановлюваного на колісних транспортних засобах після їх продажу;

- ДСТУ EN 61851-21-1:2019 (EN 61851-21-1:2017, IDT; IEC 61851-21-1:2017, IDT) Системи кондуктивного заряджання електричних транспортних засобів. Частина 21-1. Вимоги електромагнітної сумісності до пристрійв заряджання електричних транспортних засобів стосовно під'єднання до джерел змінного/постійного струму.

Додаткову інформацію щодо замовлення офіційних копій вказаних стандартів можна отримати за будь-яким зручним для вас контактам: тел: +38 044 201-08-39, e-mail: vsm@insat.org.ua

Висновки

Метод розвиваючого проєктування інноваційних транспортних систем дає змогу на ранніх етапах проєктування задати основні атрибути цих систем, виходячи з переліку закономірностей розвитку складних систем і даних про зміну їх вихідних характеристик від покоління до покоління.

Застосування цього методу може забезпечити стійкий покроковий процес наближення транспортних систем до їх ідеальних зразків.

Подальший розвиток розробленого методу може полягати в конкретизації процедур вибору атрибутів, які змінюються від покоління до покоління, зокрема тих, які визначаються на основі даних соціально-гуманітарних наук.

References

1. Ternyuk M. E., Avdeenko O. V. (2007). Fundamentalization of technical sciences. New Collegium. Scientific information journal. Problems of higher education, 2.
 2. Kamenev A. F. (1981). Regularities of technology development. Moscow, Nauka, 425.
 3. Belovol A. V., Ternyuk N. E., Hung F. V. (2005). Structural differences of rigid, flexible and transformer technological systems. Bulletin of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine. Special. issue "Mechanical Engineering and Advanced Technologies", Kyiv, Antikva, 3, 26, 108-112.
 4. Sorokin V. F., Ternyuk N. E. (2008). Directed synthesis of flexible technological systems of high and ultrahigh productivity. Questions of design and production of aircraft designs. Special. issue "New technologists in mechanical engineering", Kharkov, NAKU "Khai", 3, 54, 110-115.
 5. Alexandrov Y. E. (June 2 – July 4, 2001). On the way to a new natural-scientific picture of the world. "Modern problems of science and education. Proceedings of the 2nd International Interdisciplinary Scientific and Practical Conference", Ukraine, Kerch, Kharkiv, Ukrainian Association of Women in Science and Education, V. N. Karazin KhNU, 11-12.
 6. Ternyuk M. E., Kopiychenko Y. V., Dmitruk I. A., Bakhnova E. L. (2005). Assessment of the innovative level of products. Scientific papers of the International Conference "High Physical and Information Technologies". Ukraine, Kharkiv.

Фонд нормативних документів ДП "Державтотранс-НДІпроект" у березні 2021 поповнено такими національними стандартами:

- ДСТУ EN 16230-1:2019 (EN 16230-1:2013 + A1:2014, IDT) Карти (автомобілі для картингу). Частина 1. Вимоги щодо безпеки та методи випробування;
 - ДСТУ EN 50498:2017 (EN 50498:2010, IDT) Електромагнітна сумісність (EMC). Стандарт на групу електронесхемних засобів, підляжущих дозволу.

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

УДК 629.113/.115; 534.836.2; 534.286; 534.322.3.699.84

© В. П. Сахно, докт. техн. наук, професор,
e-mail: sakhno@ntu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-5144-7131;
© В. П. Матейчик, докт. техн. наук, професор,
e-mail: wmate@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3683-7246;
© В. В. Федоров, канд. техн. наук, доцент,
e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-1085-5112
(Національний транспортний університет);
© В. І. Каськів, канд. техн. наук, доцент,
e-mail: vi_kas@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8074-6798
(ДП "ДерждорНДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-1-265-36-42

© Volodymyr Sakhno, Doctor of Engineering (D.Sc.), Professor,
Head of Automobiles Department, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua;
ORCID: 0000-0002-5144-7131;
© Vasyl Mateichyk, Doctor of Engineering (D.Sc.), Professor
of Ecology Department, e-mail: wmate@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3683-7246;
© Volodymyr Fedorov, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.),
e-mail: fedorov.volodymyr@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-1085-5112
(National Transport University);
© Volodymyr Kaskiv, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.),
e-mail: vi_kas@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8074-6798,
Deputy Director on Scientific Work DerzhdorNDI SE

ДО ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ ІЗ ВИСОКИМИ ШУМОПОГЛИНАЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

TO THE JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF NOISE PROTECTION SCREENS WITH HIGH NOISE-ABSORBING PROPERTIES

Анотація. Присвячено обґрунтуванню застосування шумозахисних споруд із високими шумопоглинаючими властивостями для зменшення транспортного шуму. Розглянуто характеристики шумовідбиваючих та шумопоглинаючих екранів та особливості їх застосування на автомобільних дорогах. Наведено методики визначення акустичної ефективності шумозахисних екранів різних видів. Проведено порівняльну оцінку акустичної ефективності шумовідбиваючих та шумопоглинаючих екранів, яка підтвердила вищу акустичну ефективність шумопоглинаючих екранів. Показано, що за однакових характеристиках джерела шуму за умови чотирикратного відбиття звуку в системі "автомобіль-екран" рівень шуму за шумопоглинаючим екраном буде меншим на величину близько 5 дБ, ніж рівень шуму за шумовідбиваючим екраном.

Ключові слова: транспортний шум, шумозахисний екран, шумопоглинання, шумовідбиття, акустична ефективність.

Аннотация. Посвящено обоснованию применения шумозащитных сооружений с высокими шумопоглощающими свойствами для уменьшения транспортного шума. Рассмотрены характеристики шумоотражающих и шумопоглощающих экранов и особенности их применения на автомобильных дорогах. Приведены методики определения акустической эффективности шумозащитных экранов разных видов. Проведена сравнительная оценка акустической эффективности шумоотражающих и шумопоглощающих экранов, которая подтвердила высокую акустическую эффективность шумопоглощающих экранов. Показано, что при одинаковых характеристиках источника шума при условии четырехкратного отражение звука в системе "автомобиль – экран" уровень шума за шумопоглощающим экраном будет меньше на величину около 5 дБ, чем уровень шума за шумоотражающим экраном.

Ключевые слова: транспортный шум, шумозащитный экран, шумоподавление, шумоотражение, акустическая эффективность.

Abstract. The article is devoted to the justification of the use of noise protection structures with high noise – absorbing properties to reduce traffic noise.

Traffic noise has a negative impact on human health and the environment, so it is necessary to implement measures to reduce its level, including the use of noise protection structures. Noise protection structures are used to protect residential buildings from traffic noise and are classified according to various criteria: stage of road design, type of structure, height, material, position of structures in the transverse profile, longitudinal profile and acoustic properties for sound reflection and absorption. In terms of acoustic properties, noise protection structures are divided into noise-reflecting and noise-absorbing screens. The characteristics of noise-reflecting and noise-absorbing screens and features of their application on highways are considered. It is shown that the sound energy from the noise-reflecting screens is reflected in the opposite direction from the protected object; the noise-absorbing screens do not cause an increase in noise on the opposite side of the road and in the cabins of passing cars due to sound energy absorption. Methods for determining the acoustic efficiency of noise protection screens of different types are presented. A comparative evaluation of the acoustic efficiency of noise-reflecting and noise-absorbing screens was performed, which confirmed the higher acoustic efficiency of noise-absorbing screens. It is shown that with the same characteristics of the noise source in the range of levels 70-100 dB under the condition of four reflections of sound in the system "vehicle – screen" the noise level behind the noise-absorbing screen will be less by about 5 dB than the noise level behind the noise-reflecting screen.

Keywords: transport noise, noise protection screen, noise reflection, noise absorption, acoustic efficiency.

Вступ

Транспорт, зокрема автомобільний, відіграє суттєву роль у житті сучасного суспільства. Підтримання життя населення на більш високому рівні значною мірою залежить від існуючих транспортних систем, розвиток яких призводить переважно до позитивних соціальних та економічних наслідків. Водночас транспорт може також привести й до певних негативних наслідків. Один із них – це шум, створюваний транспортом. Автомобільні засоби (далі – автомобілі) є складовою частиною дорожнього транспорту. Відомо [1], що з трьох основних видів транспорту (автомобільний, залізничний і повітряний) автомобільний транспорт створює найбільш несприятливу акустичну дію на довкілля. Дослідженю шуму присвячено багато робіт, зокрема в [2] запропоновано оцінювати рівень шуму транспортних потоків із використанням програмного комплексу Plant Simulation. У роботі [3] обґрутовано необхідність сертифікації шумозахисних екранів за їх акустичною ефективністю.

Якщо проблему шуму на ділянках автомобільних доріг, що проходять через населені пункти, не вдається вирішити за допомогою впровадження вимог до автомобілів згідно з [4], певними обмеженнями руху (наприклад, забороною проїзду важких вантажних автомобілів), то чи не єдиним способом, що залишається, є впровадження шумозахисних екранів. Своєю чергою, шумозахисні екрани-стінки є основним видом шумозахисних споруд для вказаних вище ситуацій [5, 6].

Основна частина

Як вже було відмічено вище, найпоширенішим серед шумозахисних споруд є шумозахисні екрани-стінки (екрани), схематична дія яких показана на рис. 1.

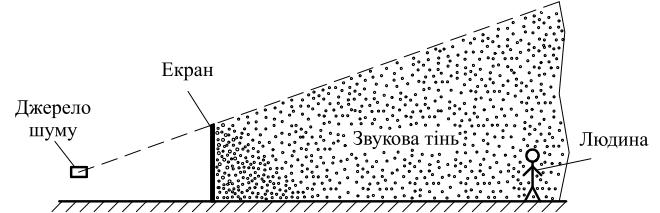


Рис. 1. Захист від шуму за допомогою шумозахисного екрану-стінки

1. Акустична ефективність екрану

Акустична ефективність екрану залежить від різниці довжин шляхів звукового променю δ , яка визначається відповідно до схеми, представленої на рис. 2 за формулою:

$$\delta = a - b - c, \quad (1)$$

де:

δ – різниця довжин шляхів звукового променю, м;

a – найкоротша відстань між акустичним центром джерела шуму і верхньою кромкою екрану, м;

b – найкоротша відстань від верхньої кромки екрану до розрахункової точки, м;

c – найкоротша відстань від акустичного центру джерела шуму до розрахункової точки, м.

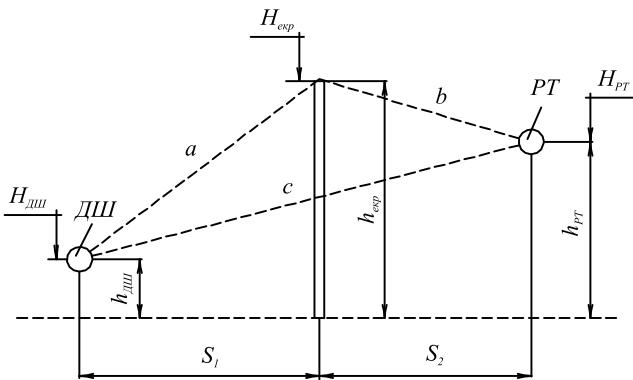


Рис. 2. Розрахункова схема визначення різниці шляху δ для экрану-стінки: ДШ – джерело шуму; РТ – розрахункова точка; $H_{дш}$ – висота джерела шуму; H_{pt} – висота розрахункової точки; $H_{экп}$ – висота экрану

Відстані a , b і c визначаються з точністю до сотих часток метра за формулами:

$$a = \sqrt{S_1^2 + (h_{экп} - h_{дш})^2}, \quad (2)$$

$$b = \sqrt{S_2^2 + (h_{pt} - h_{дш})^2}, \quad (3)$$

$$c = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 + (h_{pt} - h_{экп})^2}, \quad (4)$$

де:

$h_{дш}$ – висота джерела шуму над рівнем проїздкої частини, м;

$h_{экп}$ – висота экрану, м;

h_{pt} – висота розрахункової точки над рівнем землі, м;

S_1 – відстань від джерела шуму до экрану, м; S_2 – відстань від экрану до розрахункової точки, м.

Під час виконання розрахунків положення акустичного центру джерела шуму призначається на висоті 1,00 м над рівнем проїздкої частини на осі проїздкої частини для двосмугових доріг або на осі найближчої від розрахункової точки смуги руху в разі багатосмугових доріг.

Якщо поверхні проїзної частини вулиці або дороги і прилеглої території розташовані на різних рівнях, то замість величин $h_{дш}$, $h_{экп}$ і h_{pt} (формули 2–4) варто підставляти позначки рівнів акустичного центру джерела шуму позначку розрахункової точки верхньої кромки экрану ($H_{экп}$) і позначку розрахункової точки (H_{pt}), отримані з проектного рішення поперечного профілю в розрахунковому перерізі.

Шумопониження экрану залежно від різниці шляхів проходження звуку δ визначається за формулою (5) [5] або графічно, за номограмою на рис. 3.

$$\Delta L_{экп} = 18,2 - 7,81g(\delta - 0,2), \quad (5)$$

де:

$\Delta L_{экп}$ – шумопониження экрану, дБА;

δ – різниця між геометричною відстанню джерело шуму – розрахункова точка і найкоротшою відстанню між джерелом шуму та розрахунковою точкою, м (1).

2. Застосування шумовідбиваючих екранів

За акустичними характеристиками конструкцій шумозахисних экранів ділять на дві групи: шумовідбиваючі та шумопоглинаючі. Від шумовідбиваючих экранів звукова енергія відбивається в протилежну від об'єкта, що захищається, сторону, шумопоглинаючі в результаті поглинання звукової енергії не викликають збільшення шуму на протилежному боці дороги і збільшення шуму в салонах проїжджаючих автомобілів (рис. 4). Для забудови, яка захищається, акустична ефективність шумовідбиваючого і шумопоглинаючого экранів однакова [5].

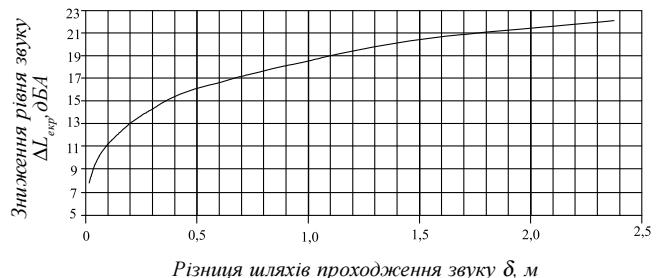


Рис. 3. Щумопониження экрану залежно від різниці шляхів проходження звуку δ

Шумовідбиваючі экрані використовуються для захисту житлової забудови в таких випадках (рис. 5):

– на протилежній від забудови, яка захищається, території забудова відсутня на відстані 500 м (рис. 5, а);

– житлова забудова, що розташована на протилежній від забудови, яка захищається, території, знаходитьться нижче рівня проїзної частини автомобільної дороги (рис. 5, б);

– житлова забудова, що розташована на протилежній від забудови, яка захищається, території, перебуває на відстані, що перевищує більш ніж у 20 разів висоту экранів (рис. 5, в);

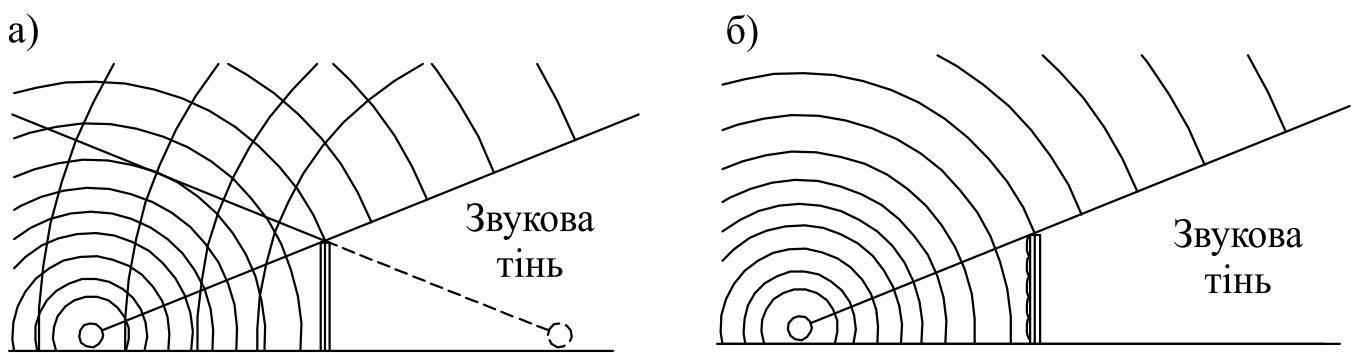


Рис. 4. Схема поширення шуму в місці установки екрану: а – шумовідбиваючого; б – шумопоглинаючого

– шум відбивається похилим шумозахисним екраном в зону, яка не потребує захисту (рис. 5, г).

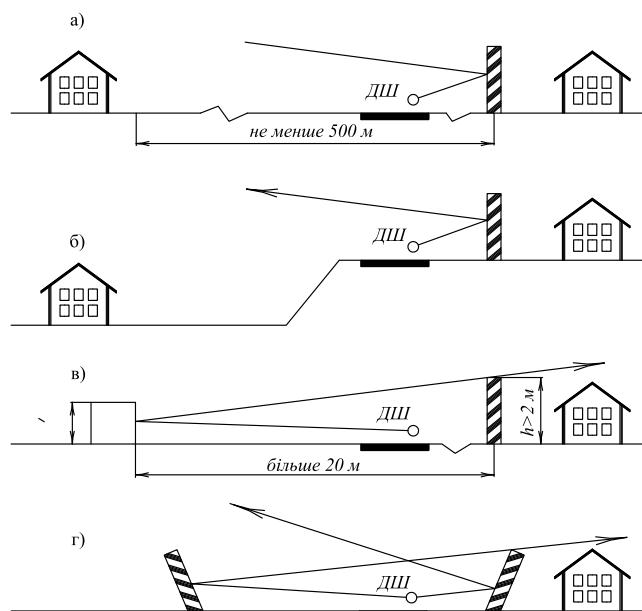


Рис. 5. Схеми застосування шумовідбиваючих екранів на автомобільних дорогах

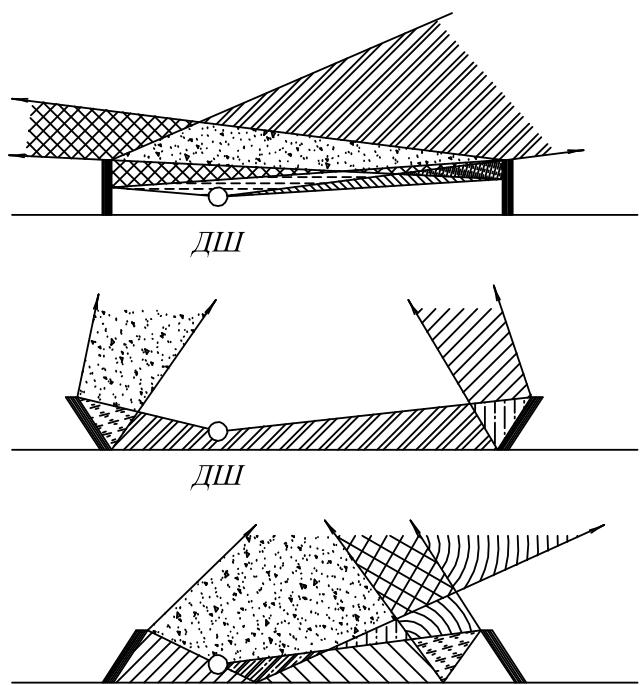


Рис. 6. Відбиття шуму від екранів за умови їх різного нахилу

Кут нахилу шумозахисних екранів щодо вертикалі визначено умовами, представленими на рис. 6. Рекомендації з призначення величини кута нахилу представлені на рис. 7.

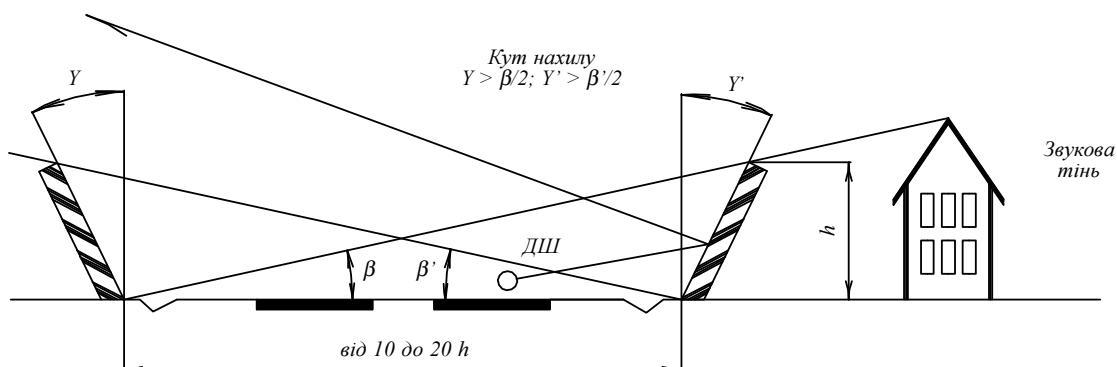


Рис. 7. Рекомендовані кути нахилу екранів

Для відбиваючих екранів використовують щільні матеріали, такі як бетон, цегла, дерево, що мають низький коефіцієнт поглинання і, отже, високі шумовідбиваючі властивості.

3. Застосування шумопоглинаючих екранів

Для ситуації, що зображена на рис. 8, шумовідбиваючий екран сильно відбиває шум, тоді останній "віддзеркалюється" від джерела шуму (автомобіля), перекидається через захисну споруду. При цьому ефективність шумовідбиваючого екрану є вкрай низькою.

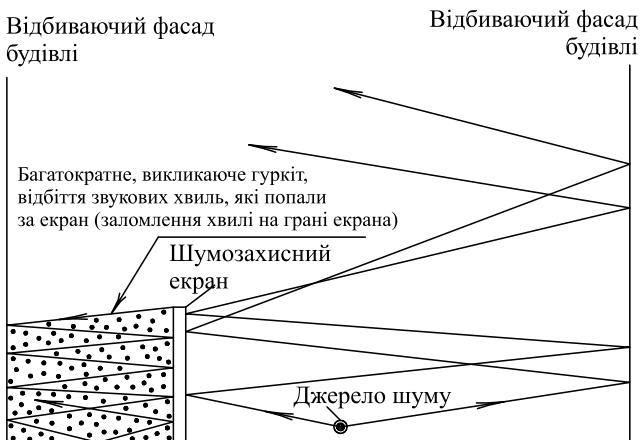


Рис. 8. Процес утворення звукових хвиль за екраном у випадку низьких звукооглинаючих властивостей останнього

Шумопоглинаючі екрани застосовують для захисту житлової забудови в таких випадках [5]:

- якщо необхідно перешкодити у відкритій для шуму житловій забудові збільшення шуму на 3 дБА, коли забудова розташована на відстані менше 500 м від шумопоглинаючого екрану (рис. 9, а);

- якщо необхідно перешкодити підвищенню рівня звуку в зоні звукової тіні від багаторазового відбиття шуму (рис. 9, б). Для цієї мети можуть використовуватися як вертикальні поглинаючі екрані, так і похилі шумовідбиваючі екрані;

- якщо необхідно перешкодити підвищенню рівня звуку за шумозахисним екраном внаслідок відбиття шуму від високих кузовів автомобілів, автобусів тощо за висоти екранів до 3,5 м і високою поверховою житлової забудови (рис. 9, в).

4. Перевага шумопоглинаючих екранів над шумовідбиваючими

Застосування шумовідбиваючих екранів на автомобільних дорогах для ситуацій, що показані на рис. 5, є менш ймовірними, аніж ті, що наведені на рис. 9. Значно частіше маємо ситуації, подібні тим, що наведені на рис. 8. Виходячи з цього, можна зробити однозначний висновок про необхідність широкого впровадження саме шумопоглинаючих екранів. Визначимо їх додаткову

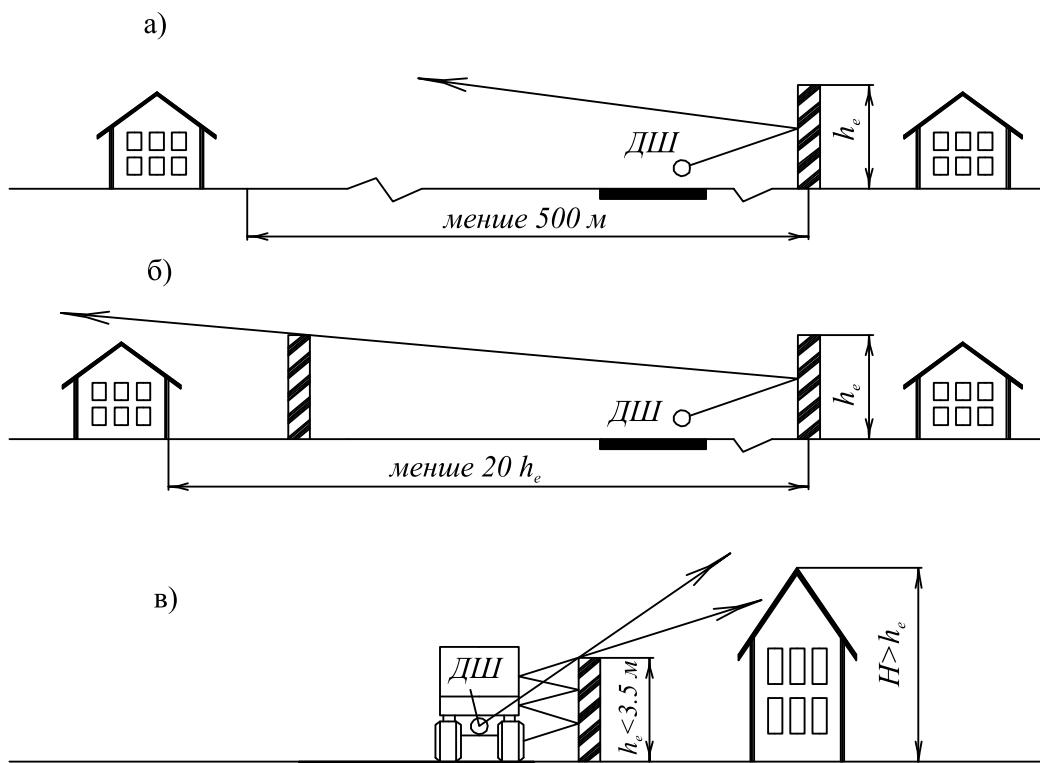


Рис. 9. Умови застосування шумопоглинаючих екранів

акустичну ефективність у порівнянні з шумовідбиваючими (за однакових інших умов).

Розглянемо ситуацію, подібну тій, що наведена на рис. 9, в. На рис. 10 показано як звукова хвиля, що випромінюється джерелом шуму (в нашому випадку – двигуном внутрішнього згоряння [7]) рухається до шумовідбиваючого екрану. Нехай ця хвиля має енергію E_1 . Досягнувши екрану, хвиля відбувається від останнього, частково втрачає енергію. За умови, що екран не перевипромінює звук в зону тіні, можна стверджувати, що відбита хвиля (відбиття I, рис. 10) буде мати енергію E'_1 :

$$E'_1 = E_1(1 - \alpha_1),$$

де:

α_1 – коефіцієнт звукопоглинання матеріалу шумозахисного екрану.

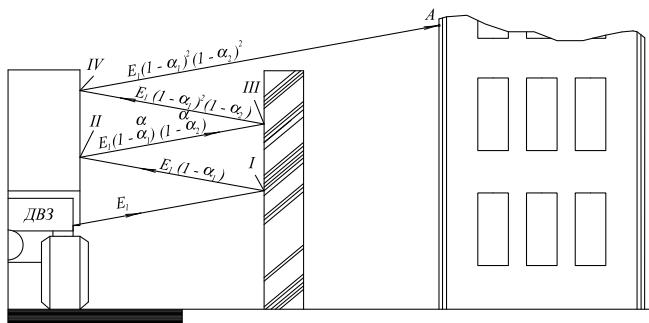


Рис. 10. До пояснення багаторазового відбиття звукових хвиль між автомобілем і шумозахисною спорудою

Тоді відбита хвиля від корпусу автомобіля (відбиття II) буде мати енергію E''_1 :

$$E''_1 = E_1(1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2),$$

де:

α_2 – коефіцієнт звукопоглинання матеріалу корпусу автомобіля.

Аналогічно маємо, що після третього відбиття енергія звукової хвилі буде E'''_1 :

$$E'''_1 = E_1(1 - \alpha_1)^2(1 - \alpha_2),$$

а після відбиття IV:

$$E^IV_1 = E_1(1 - \alpha_1)^2(1 - \alpha_2). \quad (6)$$

Розглянута ситуація належить до чотирьох відбиттів. Їх може бути більше, а може бути менше. Кількість відбиттів залежить від низки факторів: висоти джерела шуму над поверхнею; відстані між джерелом і екраном; висоти автомобіля; висоти екрану; частоти звукових хвиль.

До речі, частота шуму (звуку) досі в наукових працях стосовно розрахунку шумозахисних споруд практично не розглядалась. Тому енергія шуму (звукових хвиль), що потрапить на об'єкт, що захищається, з врахуванням формули (6) для загального випадку буде мати вигляд E^n_1 :

$$E^n_1 = E_1(1 - \alpha_1)^n(1 - \alpha_2)^n. \quad (7)$$

де:

$n = 0, 1, 2, 3 \dots$ – кількість відбиттів звукових хвиль перед тим як вони потраплять на об'єкти, що захищаються шумозахисними спорудами

Визначимо наближено $E^n_1(n = 2)$ для шумозахисної споруди, що виготовлена з бетону, тобто є шумовідбиваючою. Для бетону $\alpha_1 \approx 0,02$ [8, 9] (рис. 11), якщо припустити, що корпус автомобіля сталь, то $\alpha_2 \approx 0,03$. Тоді з врахуванням формули (7) маємо:

$$E^{II}_{\text{бет}} = E_1(1 - 0,02)^2(1 - 0,03)^2 = 0,904 E_1. \quad (8)$$

Якщо екрани створюються як шумопоглинаючі, наприклад, зі скла, що має $\alpha_1 \approx 0,25$ [8 – 10], то матимемо:

$$E^{II}_{\text{скло}} = E_1(1 - 0,25)^2(1 - 0,03)^2 = 0,529 E_1. \quad (9)$$

Переведемо отримані результати у відносні величини. Енергія звукових хвиль пропорційна звуковому тиску, який визначає рівень звуку (шуму). До речі, шумоміри найчастіше вимірюють саме акустичний тиск (рівень акустичного тиску). Тоді звукові тиски в точці A (рис. 10) будуть: p_1 , p_2 – для шумопоглинаючого та шумовідбиваючого екранів відповідно, тобто $E^{II}_{\text{бет}} \propto p_2$; $E^{II}_{\text{скло}} \propto p_1$. А значить, враховуючи (8) і (9), маємо:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{0,904}{0,529} = 1,71.$$

Акустичні тиски звуку будуть мати відповідні рівні: p_1 , p_2 . Знайдемо різницю цих рівнів, тобто визначимо наскільки шумопоглинаючий екран ефективніше шумовідбиваючого:

$$\Delta L = L_{p_2} - L_{p_1} = 20 \lg \frac{p_2}{p_1} = 20 \lg 1,71 = 4,66 \text{ dB}.$$

Тобто, рівень шуму за шумопоглинаючим екраном буде меншим на величину близько 5 дБ, ніж рівень шуму за шумовідбиваючим екраном (за однакових джерел шуму в діапазоні рівнів 70-100 дБ за умови чотирикратного відбиття звуку в системі "автомобіль-екран"). Це показує перевагу шумопоглинаючого екрану за акустичною ефективністю в порівнянні з шумовідбиваючим.

Необхідно наголосити, що у випадку значно вищого шумовідбиваючого екрану, ніж на рис. 10, у точку А все одно прийде шум від автомобілів, рівень якого знизився не суттєво. Це пояснюється відбиттям шуму від екрану, що перебуває на протилежному боці автомобільної дороги.

Вирішення проблеми створення ефективних конкурентоспроможних шумопоглинаючих екранів можливе на базі рішень, що наведені у [11, 12]. Ефективність таких екранів залежить від правильного підбору матеріалів, виконання технологічної карти, розрахунку геометричних розмірів (висоти та протяжності), місця положення по відношенню до траси та будівель, що захищаються від шуму. Все це потребує додаткових досліджень, проведення яких передбачається у найближчому майбутньому.

Висновки

Для боротьби з транспортним шумом надзвичайно важливо застосування шумозахисних споруд з високою акустичною ефективністю. Використання різних видів шумозахисних екранів на автомобільних дорогах потребує проведення оцінювання їх ефективності в зменшенні шумово-го навантаження. Для вирішення цього завдання проаналізовано особливості конструкції шумовідбиваючих та шумопоглинаючих екранів та обґрунтовано методики визначення їх акустичної ефективності. На основі порівняльної оцінки акустичної ефективності шумовідбиваючих та шумопоглинаючих екранів підтверджено вищу акустичну ефективність шумопоглинаючих екранів. Показано, що за однакових джерел шуму в діапазоні рівнів 70-100 дБ за умови чотирикратного відбиття звуку в системі "автомобіль-екран" рівень шуму за шумопоглинаючим екраном буде меншим на величину близько 5 дБ, ніж рівень шуму за шумовідбиваючим екраном.

ЗУСТРІЧ ГОЛОВИ УКРАВТОДОРУ З НАУКОВЦЯМИ ДП "ДЕРЖДОРНДІ"



23 березня 2021 відбулася зустріч Голови Українського дорожнього управління Олександра Кубракова з науковцями ДП "ДерждорНДІ".

Також свої плани на 2021-2023 роки озвучили Артем Безуглий, директор ДП "ДерждорНДІ", та Станіслав Гвоздіков, заступник директора з європейської інтеграції ДП "ДерждорНДІ".

Під час зустрічі були обговорені головні виклики дорожньої галузі:

- підвищення довіри та зменшення корупційних ризиків;
- залучення на ринок нових гравців із новими технологіями;

References

1. Lukin V. N., Boguslaev A. P., Yashchina M. V. (2001). Edited by Lucanina V.N. Avtotransportnye potoki i okruzhayushchaya sreda [Road flows and the environment]. Moscow, INRFAM, Textbook manual for universities, 646. [in Russian]
2. V. P. Mateichyk, A. A. Lavrov, K. V. Nagaichuk, K. V. Komar. (2019). Osobennosti modelirovaniya shumovogo zagryazneniya pridorozhnoy sredy transportnymi potokami s ispol'zovaniyu Plant Simulation [Features of modeling roadside noise pollution by traffic using Plant Simulation]. Kyiv, Vestnik Natsional'nogo transportnogo universiteta. "Tekhnicheskiye nauki", 1, 43, 91-99.
3. Sakhno V. P., Mateichyk V. P., Kaskiv V. I., Fedorov V. V. (2020). Do pytannya shchodo sertyifikatsiy shumozakhysnykh sporud [On the issue of certification of noise protection structures]. Kyiv, Avtoshlyahovik Ukraine, 2, 2-7.
DOI: 10.33868/0365-8392-2020-2-262-2-7
4. DSTU UN / ECE R 51-02-2002 (2002) Yedyni tekhnichni prypyisy shchodo ofitsiynoho zatverdzhennya avtotransportnykh zasobiv, shcho mayut' ne menshe chotyr'okh kolis, stosovno stvoryuvanooho nymy shumu [Single technical records of official hardening of vehicles, just as many times as possible for them to noise (UN EEC Regulation №. 51-02: 1996, IDT)].
5. ROSAVTODOR. (2011). Metodicheskiye rekomendatsii po zashchity ot transportnogo shuma territoriy, prilegayushchikh k avtomobil'nym dorogam (pervaya redaktsiya). [Guidelines for the protection from traffic noise of territories adjacent to roads (first edition).] Federal'noye dorozhnoye agentstvo, Moscow, 127.
6. DerzhdorNDI SE. (2016). R V.1.1-03450778-872:2016 Rekomendatsii shchodo zmenshennia shumovooho navantazhennia vid avtomobilnoi dorohy na selbyshchini terytorii. [R V.1.1-03450778-872: 2016 Recommendations for reducing the noise load from the highway in the village]. Kyiv.
7. Yu. F. Gutarevich, D. V. Zerkalov, A. G. Govorun, A. O. Korpach, L. P. Merzhi?vs'ka. (2005). Ekoloziya ta avtomobil?nyy transport: Navch. posibnyk [Ecology and road transport: Textbook. manua]. Kyiv, NTU, 287.
8. Kovrigin S. D. (1980). Arkhitekturno-stroitel'naya akustika: Ucheb. posobiye dlya vuzov [Architectural and building acoustics: Textbook. manual for universities] Moscow, Vysheyshaya Shkola, 184. [in Russian]
9. Iofe V. K., Korol'kov V. G., Sapozhkov M. A. Ed. Sapozhnikova M. A. (1979). Spravochnik po akustike [Acoustic Reference]. Moscow, Svyaz', 312. [in Russian]
10. Konturi L. (1960). Akustika v stroitel'stve [Acoustics in construction. Moscow, Gos. izd-vo literatury po stroitel'stvu, arkhitektur'e i stroitel'nym materialam. 235. [in Russian]
11. Fedorov, V. V. (2010). Zvukopoglinayucha plita. [Soundproof plate]. Patent No. 89255, bulletin "Industrial Property" No. 1.
12. Fedorov, V. V. (2013). Zvukopoglinayucha plita. [Soundproof plate]. Patent No. 102013, bulletin "Industrial Property" No. 10.

© А. М. Онищенко, доктор технічних наук, завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1040-4530 (Національний транспортний університет);
 © В. А. Зеленовський, завідувач відділу технологій дорожніх робіт, e-mail: zelenovladimir@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5834-5456 (ДП "ДерждорНДІ")

© Artur Onyshchenko, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Head of the Bridges, Tunnels and Hydraulic Engineering Department, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1040-4530 (National Transport University);
 © Volodymyr Zelenovskiy, Head of Road Technologies Department, e-mail: zelenovladimir@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5834-5456 (DerzhdorNDI SE)

АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИАСФАЛЬТОБЕТОНУ ДЛЯ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ У ЯКОСТІ МОСТОВОГО ПОКРИТТЯ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF EPOXY ASPHALT CONCRETE FOR ITS APPLICATION ON BRIDGE COVERING ON ROADS

Анотація. Розглядаються питання щодо покращення якості покріттів на автодорожніх залізобетонних, сталезалізобетонних мостах або металевих мостах з ортотропною плитою. Запропоновано конструктивні рішення підвищення працездатності та втомої довговічності асфальтобетонних покріттів. Наведено результати аналізу експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей епоксиасфальтобетону. Показано ефективність застосування епоксидних компонентів у складі асфальтобетонних сумішей, які значно покращують фізико-механічні властивості бітуму. За результатами експериментальних лабораторних випробувань наведено порівняльний аналіз властивостей епоксиасфальтобетонів та вихідних асфальтобетонів на в'язкому та розрідженному бітумах. А також, проаналізовано вплив тривалості та температури затвердівання епоксидних складових на властивості епоксиасфальтобетонів.

Проблематика. У сучасних умовах високошвидкісного інтенсивного руху транспортних засобів, потужних транспортних навантажень і частих несприятливих погодно-кліматичних факторів, що виникають на території нашої країни, підвищення довговічності покріттів на мостах із метою збільшення міжремонтних строків та зниження затрат, пов'язаних з експлуатаційним утриманням, потребує особливої уваги.

Однією з основних причин низької тривалості асфальтобетону є властивості бітуму, який з усіх його складових є найчутливішим до транспортних навантажень і погодних умов [1, 2].

Наразі найрозповсюдженішим типом покріттів на мостах є асфальтобетонні покріття, що виготовляються на основі бітумів нафтovих дорожніх в'язкіх [1, 2]. Однак, в умовах сучасного інтенсивного вантажонапруженого транспортного руху звичайні асфальтобетони не здатні забезпечити необхідні фізико-механічні властивості покріттів та їх проскінний термін служби. Одним з ефективних способів підвищення якості та довговічності асфальтобетонних покріттів на автодорожніх мостах є модифікація бітумів шляхом застосування у якості основного матеріалу термореактивні полімерні добавки, у нашому випадку – епоксидні складові (епоксидна смола та її затверджуваць).

Мета роботи. Виконання роботи з аналізу експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей епоксиасфальтобетону полягає у вивчені можливості його застосування у якості мостового покріття на автомобільних дорогах. А також підтвердження ефективності у вирішенні питання щодо досягнення збільшеної втомої довговічності таких покріттів при різних частотах навантаження за рахунок підвищення колісстійкості, міцності, тріщинності та водночас вирішення не менш актуального питання

щодо мінімізації витрат на ремонтно-будівельні роботи під час експлуатації мостів. Для досягнення зазначеного мети проведено комплекс дослідних робіт із порівнянням епоксиасфальтобетонів та асфальтобетонів на в'язкому та розрідженному бітумах:

- визначення середньої густини;
- визначення водонасичення;
- визначення міцності за температур 0 °C, 20 °C та 50 °C;
- визначення коефіцієнту водостійкості;
- визначення впливу тривалості та температури затвердівання епоксискладових на властивості епоксиасфальтобетонів.

Матеріали і методи. Асфальтобетонні покриття на ортотропній або залізобетонній плиті проїзної частини мосту з покращеними фізико-механічними властивостями за рахунок використання у якості модифікатора бітуму термореактивні полімерні добавки.

Результати. Проведено аналіз експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей епоксиасфальтобетону та визначено ефективність його застосування для покращення якості покриттів на автодорожніх мостах та підвищення їх довговічності. Проведено комплекс досліджень з метою порівняння властивостей епоксиасфальтобетонів та вихідних асфальтобетонів на в'язкому та розрідженному бітумах.

Висновки. Для підвищення втомної довговічності асфальтобетонних покриттів на автодорожніх мостах у сучасних умовах високих інтенсивностей руху транспортних засобів у нашому регіоні з широким діапазоном експлуатаційних температур, необхідно розробляти нові рішення щодо застосування будівельних матеріалів. Саме тому, проведення досліджень фізико-механічних властивостей асфальтобетонів поліпшених термореактивними полімерними добавками з метою визначення дійсної їх ефективності у підвищенні колісності, міцності та тріщинності покриттів на їх основі є на сьогодні актуальним питанням.

Застосування епоксиасфальтобетонного покриття на ортотропній або залізобетонній плиті проїзної частини мосту потребує особливої уваги з метою встановлення оптимальної тривалості та температури затвердівання епоксискладових, що кардинально можуть впливати на його фізико-механічні властивості та визначення технології приготування.

Ключові слова: епоксиасфальтобетон, епоксиасфальтобетонна суміш, фізико-механічні властивості епоксиасфальтобетону, склад епоксиасфальтобетонних сумішей, епоксидна смола, дорожній бітум, модифікація бітуму, властивості бітуму, довговічність мостового покриття, покриття на мостах, залізобетонна плита проїзної частини, ортотропна плита проїзної частини.

Аннотация. Рассматриваются вопросы улучшения качества покрытий на автодорожных железобетонных, сталежелезобетонных мостах или металлических мостах с ортотропной плитой. Предложены конструктивные решения повышения работоспособности и усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий. Приведены результаты анализа экспериментальных исследований физико-механических свойств епоксиасфальтобетону. Показана эффективность применения эпоксидных компонентов в составе асфальтобетонных смесей, которые значительно улучшают физико-механические свойства битума. По результатам экспериментальных лабораторных испытаний приведен сравнительный анализ свойств епоксиасфальтобетонов и выходных асфальтобетонов на вязком и разреженном битумах. А также, проанализировано влияние продолжительности и температуры отверждения эпоксидных составляющих на свойства епоксиасфальтобетонов.

Проблематика. В современных условиях высокоскоростного интенсивного движения транспортных средств, мощных транспортных нагрузок и частых неблагоприятных погодно-климатических факторов, возникающих на территории нашей страны, повышение долговечности покрытий на мостах с целью увеличения межремонтных сроков и снижение затрат, связанных с эксплуатационным содержанием, требует особого внимания.

Одной из основных причин низкой продолжительности асфальтобетона является свойства битума, из всех его составляющих является чувствительным к транспортным нагрузкам и погодным условиям [1, 2].

Сейчас самым распространенным типом покрытий на мостах есть асфальтобетонные покрытия, изготовленные на основе битумов нефтяных дорожных вязких [1, 2]. Однако, в условиях современного интенсивного грузового транспортного движения обычные асфальтобетоны не способны обеспечить необходимые физико-механические свойства покрытий и их проектные срок службы. Одним из эффективных способов повышения качества и долговечности асфальтобетонных покрытий на автодорожных мостах является модификация битумов путем применения в качестве основного материала термореактивные полимерные добавки, в нашем случае – эпоксидные составляющие (эпоксидная смола и ее отвердитель).

Цель работы. Выполнение работы по анализу экспериментальных исследований физико-механических свойств епоксиасфальтобетону заключается в изучении возможности его применения в качестве мостового покрытия на автомобильных дорогах. А также подтверждение эффективности в решении вопроса по достижению увеличенной усталостной долговечности таких покрытий при различных частотах нагрузки за счет повышения количества прочности, прочности, трещиностойкости и одновременно решения. Также не менее актуальный вопрос о минимизации затрат на ремонтно-строительные работы при эксплуатации мостов.

Для достижения указанной цели проведен комплекс исследовательских работ по сравнению епоксиасфальтобетонов и асфальтобетонов на вязком и разреженном битумах:

- определение средней плотности;
- определение водонасыщения;
- определение прочности при температурах 0 °C, 20 °C и 50 °C;
- определение коефіцієнта водостійкості;
- определение влияния продолжительности и температуры отверждения епоксискладових на свойства епоксиасфальтобетонов.

Матеріали и методы. Асфальтобетонные покрытия на ортотропной или железобетонной плите проезжей части моста с улучшенными физико-механическими свойствами за счет использования в качестве модификатора битума термореактивные полимерные добавки.

Результаты. Проведен анализ экспериментальных исследований физико-механических свойств епоксиасфальтобетону и определена эффективность его применения для улучшения качества покрытий на автодорожных мостах и повышения их долговечности. Проведен комплекс исследований с целью сравнения свойств епоксиасфальтобетонов и выходных асфальтобетонов на вязком и разреженном битумах.

Выводы. Для повышения усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий на автодорожных мостах в современных условиях высоких интенсивностей движения транспортных средств в нашем регионе с широким диапазоном эксплуатационных температур, необходимо разрабатывать новые решения по применению строительных материалов. Именно поэтому, проведение исследова-

ний фізико-механіческих своїств асфальтобетонов улучшених термореактивними добавками с целью определения действительной их эффективности в повышении количества прочности и трещиностойкости покрытий на их основе сегодня актуальным вопросом.

Применение епоксиасфальтобетонного покрытия на ортотропной или железобетонной плиты проезжей части моста требует особого внимания с целью установления оптимальной продолжительности и температуры отверждения епоксидных смол, что кардинально могут влиять на его физико-механические свойства и определение технологии приготовления.

Ключевые слова: епоксиасфальтобетон, епоксиасфальтобетонна смесь, физико-механические свойства епоксиасфальтобетону, состав епоксиасфальтобетонних смесей, епоксидная смола, дорожный битум, модификация битума, свойства битума, долговечность мостового покрытия, покрытия на мостах, железобетонная плита проезжей части, ортотропной плиты проезжей части.

Abstract. Introduction. This paper considers the issue of improving the quality of coatings on road reinforced concrete, reinforced concrete bridges or metal bridges with orthotropic slab. The constructive decisions of increase of working capacity and fatigue durability of asphalt concrete coverings are offered. The results of the analysis of experimental researches of physical and mechanical properties of epoxy asphalt concrete are given. The efficiency of epoxy components in asphalt concrete mixtures, which significantly improve the physical and mechanical properties of bitumen, is shown. According to the results of experimental laboratory tests, a comparative analysis of the properties of epoxy asphalt concrete and source asphalt concrete on viscous and rarefied bitumen is given. Also, the influence of the duration and temperature of curing of epoxy components on the properties of epoxy asphalt concrete was analyzed.

Problem statement. In today's conditions of high-speed intensive traffic, high traffic loads and adverse weather and climatic factors that occur in our country, increasing the durability of pavements on bridges to increase service life and reduce costs associated with maintenance, requires special attention. One of the effective ways to improve the quality and durability of asphalt pavements on road bridges is the modification of bitumen by using as the main material thermosetting polymer additives, in our case – epoxy components (epoxy resin and its hardener).

Objective. The purpose of the analysis of experimental studies of physical and mechanical properties of epoxy asphalt concrete is to study the possibility of its use as a pavement on highways. As well as confirmation of efficiency in solving the problem of achieving increased fatigue life of such coatings at different load frequencies by increasing track resistance, strength, crack resistance and at the same time solving no less important issue to minimize the cost of repair and construction work during bridge operation.

Materials and methods. Asphalt concrete coverings on orthotropic or reinforced concrete slab of the carriageway of the bridge with improved physical and mechanical properties due to the use of thermosetting polymer additives as a bitumen modifier.

Results. The analysis of experimental researches of physical and mechanical properties of epoxy asphalt concrete is carried out and efficiency of its application for improvement of quality of coverings on road bridges and increase of their durability is defined. A set of studies was conducted to compare the properties of epoxy asphalt concrete and source asphalt concrete on viscous and rarefied bitumen.

Conclusions. To increase the fatigue life of asphalt pavements on road bridges in modern conditions of high traffic intensity in our region with a wide range of operating temperatures, it is necessary to develop new solutions for the use of building materials. That is why the study of physical and mechanical properties of asphalt concretes improved by thermosetting polymer additives in order to determine their true effectiveness in improving track resistance, strength and crack resistance of coatings based on them is an urgent issue today.

The use of epoxy-asphalt concrete coating on orthotropic or reinforced concrete slab of the carriageway of the bridge requires special attention in establishing the optimal duration and curing temperature of epoxy components, which can dramatically affect its physical and mechanical properties and determine the cooking technology.

Keywords: епоксиасфальтобетон, епоксиасфальтобетонна смесь, физико-механіческі властивості епоксиасфальтобетону, склад епоксиасфальтобетонних смесей, епоксидна смола, дорожний битум, модифікація битума, властивості битума, довговечність мостового покриття, покриття на мостах, асфальтобетонна плита проезжей частини, ортотропної плити проезжей частини.

Вступ

Умови роботи покриття на плиті проїзної частини автодорожнього мосту звичайно є більш складними та кардинально відрізняються від звичайних дорожніх умов експлуатації. Такі покриття потребують особливих конструкційних рішень щодо дорожніх одягів та застосування відповідних матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями [2].

Основна причина використання асфальтобетонних покриттів на мостах полягає в необхідності захисту мостових конструкцій від можливих пошкоджень і тим самим забезпечення їх довговічності [3]. Тому актуальність цієї роботи визначається саме прагненням до поліпшення матеріалів та технологій будівництва дорожніх одягів на мостах. Та оскільки розглянуті у цій статті епоксиасфальтобетони мають масу переваг, за умови їх правильного застосування, важливою науково-технічною задачею є чітке визначення їх фізико-механічних властивостей.

Приготування та укладання епоксиасфальтобетонної суміші в цілому виконується так само, як і звичайної гарячої асфальтобетонної суміші, однак в результаті отримуємо більш міцну та гнучку поверхню, що ідеально підходить для покриттів на ортотропних або залізобетонних плитах проїзної частини мосту. Цей матеріал успішно використовується у якості покриттів на мостах в декількох країнах світу, однак цей продукт потребує особливої уваги до технології приготування та укладання у зв'язку з обмеженим часом скоплювання.

Основна частина

Приготування вихідних асфальтобетонних та епоксиасфальтобетонних сумішей

Для приготування вихідних асфальтобетонних сумішей на розрідженному бітумі та на бітумі марки БНД 70/100, а також для приготування епоксиасфальтобетонних сумішей із різним вмістом епоксидних складових попередньо було визначено гра-

нулометричний склад мінеральної частини гарячого дрібнозернистого асфальтобетону типу Г [4]. Під час приготування цих сумішей застосовувались наступні вихідні матеріали:

- бітум нафтovий дорожній в'язкий марки БНД 70/100;
- дизельне паливо;
- затверджувач епоксидної смоли Л-19;
- епоксидна смола LE 826;
- пісок із відсівів подрібнення гірських порід;
- мінеральний порошок.

Приготування вихідних асфальтобетонних сумішей здійснювалось з дотриманням стандартної послідовності технологічних операцій згідно з чинними нормативними документами, використовуючи лабораторний змішувач Pavemix B026N, так як і приготування епоксиасфальтобетонних сумішей, але з відмінністю введення бітумного в'яжучого, яке попередньо отримувалось шляхом суміщення розрідженої бітуму з епоксидною смолою та розрідженої бітуму із затверджувачем.

Підготовка в'яжучих матеріалів для приготування епоксиасфальтобетонних сумішей виконувалась у такій послідовності зі співвідношенням епоксидної смоли та затверджувача – 100:80 [4]:

- нагрівання вихідного бітуму до температури 80 °C;
- поступове введення дизельного палива в нагрітий бітум за постійного механічного перемішування;
- перемішування бітуму з дизельним паливом упродовж 60 хв за температури до 140 °C;
- охолодження розрідженої бітуму до температури 80 °C та його поділ на дві рівні частини;
- поступове введення затверджувача за постійного механічного перемішування в одну із частин розрідженої бітуму та перемішування упродовж 60 хв за температури до 80 °C;
- поступове введення епоксидної смоли за постійного механічного перемішування в другу частину розрідженої бітуму та перемішування упродовж 10 хв за температури до 80 °C.

Процес виробництва епоксиасфальтобетонних сумішей був забезпечений наступною послідовністю технологічних операцій:

- дозування та нагрівання відсіву до температури від 110 °C до 120 °C;
- подача в змішувач відсіву та його перемішування з додаванням мінерального порошку упродовж від 40 с до 60 с;
- підігрів обох підготовлених частин в'яжучого матеріалу до температури від 70 °C до 80 °C,

почергова їх подача у змішувач та перемішування упродовж від 10 с до 20 с;

– вивантаження готової суміші для подальшого формування зразків.

З причини можливого швидкого протікання реакції між епоксидними складовими і, як наслідок, передчасного затвердівання суміші та втрати нею пластичних властивостей (після вимушеної розріхлення суміші епоксиз'язки руйнуються і ефект модифікації втрачається) під час приготування епоксиасфальтобетонної суміші особливу увагу було приділено дотриманню температурного режиму нагрівання мінеральних матеріалів і в'яжучих [5].

Фізико-механічні властивості вихідних асфальтобетонів та епоксиасфальтобетонів

Для встановлення якості асфальтобетонів та епоксиасфальтобетонів було проведено визначення їх фізико-механічних властивостей на стандартних зразках. Фізичні властивості визначались з метою прогнозування таких експлуатаційних властивостей, як водостійкість та морозостійкість, механічні властивості – з метою визначення характеристик здатності забезпечення та підвищення довговічності автодорожніх покрівель на мостах під впливом навантажень від транспортних засобів. Методи визначення фізико-механічних властивостей були прийняті відповідно до чинних нормативних документів.

Для порівняння властивостей вихідних асфальтобетонів на розрідженому бітумі та в'язкому бітумі марки БНД 70/100 були прийняті епоксиасфальтобетони з 10 % та 20 % вмістом епоксидного модифікатора від маси бітуму. Випробування асфальтобетонів виконували через

1 добу та через 28 діб після приготування [4]. Результати випробувань наведені на **рис. 1-2**.

Розрахунок середньої густини

У нашому випадку показник середньої густини визначає наявність пор в зразках, отриманих в результаті лабораторних досліджень [6]. За отриманими показниками видно, що асфальтобетон на розрідженому бітумі має найбільшу середню густину як після 1 доби витримування, так і після 28 діб. Витримування асфальтобетонних зразків упродовж 28 діб призводить до більшої зміни середньої густини асфальтобетону на розрідженому бітумі та епоксиасфальтобетонів, ніж асфальтобетону на бітумі марки БНД 70/100.

Водонасичення

За величину водонасичення зразків приймають кількість води, поглиненої при заданому режимі насичення [6]. За результатами випробувань

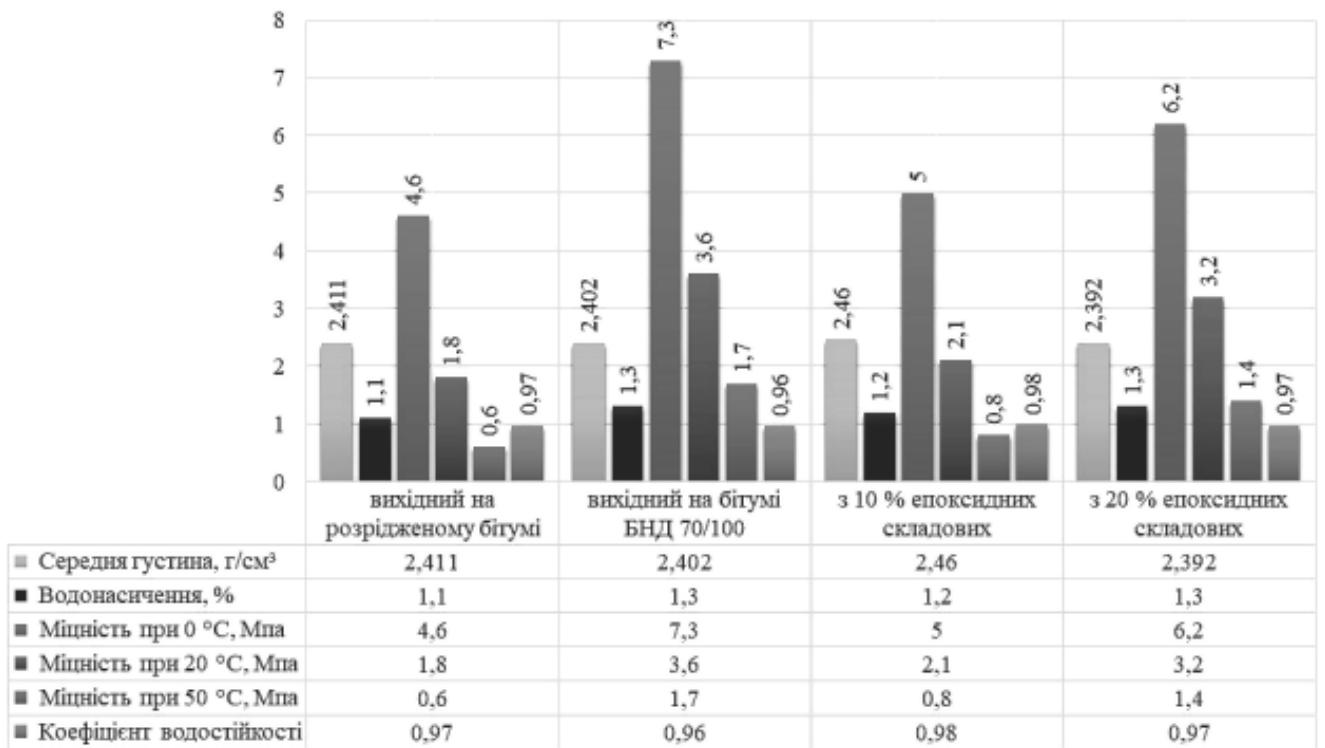


Рис. 1. Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей асфальтобетонів на в'язкому та розрідженному бітумах та епоксиасфальтобетонів із різним вмістом епоксидних складових через 1 добу після виготовлення

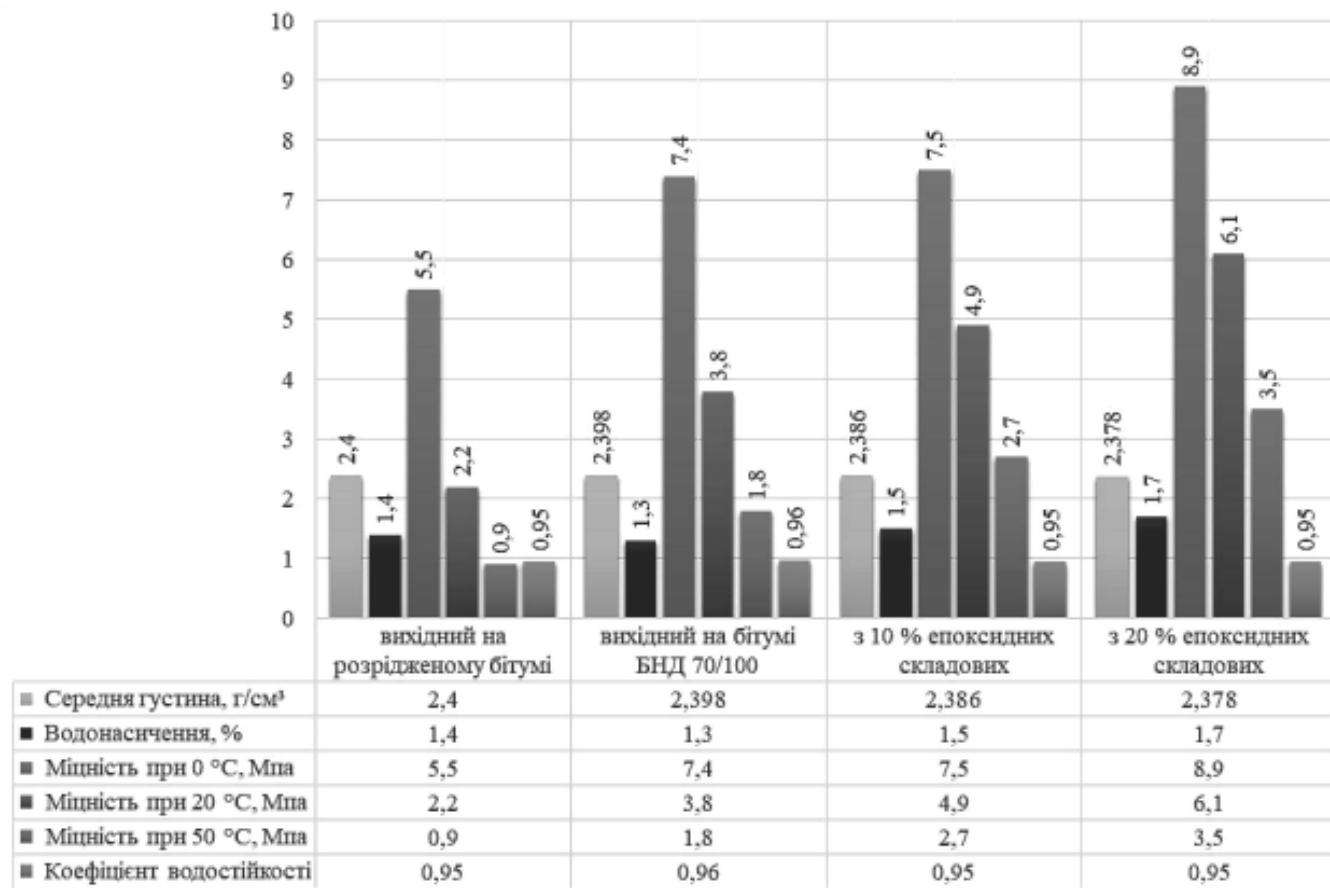


Рис. 2. Порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей асфальтобетонів на в'язкому та розрідженному бітумах та епоксиасфальтобетонів із різним вмістом епоксидних складових через 28 діб після виготовлення

водонасичення асфальтобетону на розрідженому бітумі та епоксиасфальтобетонів після витримування впродовж 1 доби є меншим ніж у асфальтобетоні на бітумі марки БНД 7/100. Однак, після витримування впродовж 28 діб водонасичення асфальтобетону на бітумі марки БНД 70/100 не змінюється, а в асфальтобетоні на розрідженому бітумі та епоксиасфальтобетонах – зростає і, як наслідок, виходить вищим за водонасичення асфальтобетону на бітумі марки БНД 70/100 [4].

Межа міцності при стисканні

Визначення межі міцності під час стискання дає змогу виявити показники навантаження, в наслідок якого відбувається руйнування складу зразка [6]. Щоб оцінити експлуатаційні якості дорожніх покриттів за різних умов, вимірювання проводили за температуру 0, 20 та 50 °C.

Асфальтобетон на розрідженому бітумі через 1 добу після приготування має найнижчу міцність за температури 0 °C (4,6 МПа). Близьким до нього є епоксиасфальтобетон (5,0 МПа та 6,2 МПа). Асфальтобетон на бітумі марки БНД 70/100 має міцність 7,3 МПа.

Після витримування асфальтобетону на розрідженому бітумі та епоксиасфальтобетонів впродовж 28 діб, їх міцність зростає, а асфальтобетону на бітумі марки БНД 70/100 – практично не змінюється (7,3 МПа та 7,4 МПа). Міцність асфальтобетону на розрідженому бітумі зростає з 4,6 МПа до 5,5 МПа, епоксиасфальтобетону із 10 % епоксидних складових – з 5,0 МПа до 7,5 МПа, а з 20 % епоксидних складових – із 6,2 МПа до 8,9 МПа. При цьому міцність епоксиасфальтобетону з 10 % епоксидних складових є практично такою ж, як і асфальтобетону на бітумі марки БНД 70/100. Тобто, за низьких температур епоксиасфальтобетон з 10 % епоксидних складових є не більш жорстким ніж вихідний асфальтобетон на в'язкому бітумі.

Хоча епоксиасфальтобетон з 20 % епоксидних складових має найбільшу міцність за температури 0 °C, вона є суттєво меншою верхньої межі нормативних вимог [4].

Після 1 доби витримування найнижчу міцність за температури 20 °C також має асфальтобетон на розрідженому бітумі (1,8 МПа). Близьким до нього є епоксиасфальтобетони (2,1 МПа), а асфальтобетон на бітумі марки БНД 70/100 має міцність 3,6 МПа.

Після витримування асфальтобетонів впродовж 28 діб, їх міцність зростає: на розріджено-му бітумі – з 1,8 МПа до 2,2 МПа, на в'язкому бітумі марки БНД 70/10 – з 3,6 МПа до 3,8 МПа,

епоксиасфальтобетону з 10 % епоксидних складових – з 2,1 МПа до 4,9 МПа, а з 20 % епоксидних складових – з 3,2 МПа до 6,1 МПа. Тобто найбільшою міцністю відзначаються епоксиасфальтобетони [4].

За температури 50 °C традиційно найнижчу міцність після 1 доби витримування має асфальтобетон на розрідженому бітумі (0,6 МПа). Близьким до нього є епоксиасфальтобетон з 10 % епоксидних складових (0,8 МПа), асфальтобетон на бітумі марки БНД 70/100 має міцність 1,7 МПа, а епоксиасфальтобетон з 20 % епоксидних складових – 1,4 МПа.

Після витримування асфальтобетонів впродовж 28 діб, їх міцність зростає: на розрідженому бітумі – з 0,6 МПа до 0,9 МПа, на бітумі марки БНД 70/100 – з 1,7 МПа до 1,8 МПа, епоксиасфальтобетону з 10 % епоксидних складових – з 0,8 МПа до 2,7 МПа, з 20 % епоксидних складових – з 1,4 МПа до 3,5 МПа. Тобто найбільшою міцністю також відзначаються епоксиасфальтобетони. Якщо після 1 доби витримування міцність епоксиасфальтобетонів за температури 50 °C є меншою ніж у асфальтобетоні на бітумі марки БНД 70/100 (1,7 МПа проти 0,8 та 1,4 МПа), то після 28 діб витримування міцність епоксиасфальтобетонів за температури 50 °C є в (1,5 – 2,0) рази більшою ніж у вихідного асфальтобетону (1,8 МПа проти 2,7 МПа та 3,5 МПа) [4].

Отже, епоксиасфальтобетони при співставній міцності з асфальтобетоном на бітумі марки БНД 70/100 за низьких температур мають значно більшу міцність за помірних (20 °C) і високих (50 °C) температур експлуатації.

Коефіцієнт водостійкості

Визначення коефіцієнту водостійкості асфальтобетонів та епоксиасфальтобетонів потрібен для визначення впливу води на їх міцність. Коефіцієнт водостійкості є відношенням показника міцності після водонасичення до показника міцності сухого зразка. Отже, за результатом випробувань можна зазначити, що коефіцієнт водостійкості через 1 добу після приготування для усіх асфальтобетонів є практично однаковим (0,96 – 0,98) та дещо знижується після витримування зразків впродовж 28 діб (0,95 – 0,96).

Вплив тривалості затвердівання епоксискладових на фізико-механічні властивості епоксиасфальтобетонів

Під час дослідження впливу тривалості затвердівання епоксидних складових (термореактивних модифікаторів) на властивості епоксиасфальтобетонів використовувались епоксидні складові

у кількості 10 % від маси бітуму. Епоксиасфальтобетони випробовували після їх витримування за температури навколошнього середовища впродовж 1 доби, 7 діб, 14 діб та 28 діб [4]. Результати випробувань епоксиасфальтобетонів після різної тривалості їх витримування за температури навколошнього середовища наведені на **рис. 3-5**.

За результатами випробувань збільшення тривалості затвердівання призводить до зниження середньої густини епоксиасфальтобетонів (**рис. 3**).

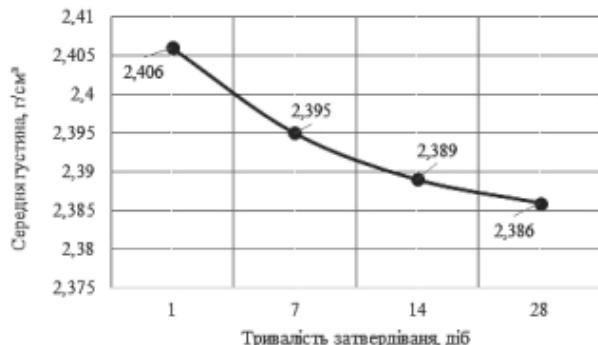


Рис. 3. Вплив тривалості затвердівання епоксикладових на середню густину епоксиасфальтобетонів

Після перших семи днів затвердівання середня густина епоксиасфальтобетонів знижується із 2,406 $\text{г}/\text{см}^3$ до 2,395 $\text{г}/\text{см}^3$, в наступні 7 днів середня густина знижується менш інтенсивно і становить 2,390 $\text{г}/\text{см}^3$ і надалі виходить практично на плато [4].

Поряд зі зниженням середньої густини відбувається зростання водонасичення епоксиасфальтобетонів (**рис. 4**). Після перших семи днів затвердівання водонасичення епоксиасфальтобетонів зростає з 1,2 % до 1,4 %, в наступні 7 днів водонасичення зростає до 1,5 % і надалі не змінюється. При цьому впродовж усього періоду витримки водонасичення епоксиасфальтобетонів перебуває в межах вимог діючих нормативних документів.

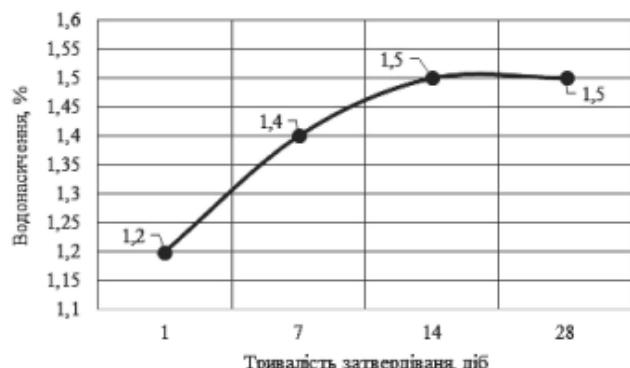


Рис. 4. Вплив тривалості затвердівання епоксикладових на водонасичення епоксиасфальтобетонів

За умови збільшення тривалості затвердівання епоксикладових відбувається зростання міцності епоксиасфальтобетонів (**рис. 5**).

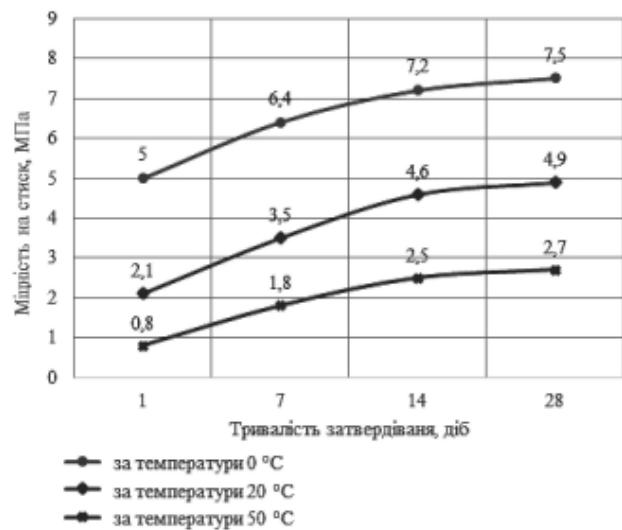


Рис. 5. Вплив тривалості затвердівання епоксикладових на міцність епоксиасфальтобетонів

Міцність епоксиасфальтобетонів за температури 0 °C після 7 днів затвердівання епоксикладових зростає з 5,0 МПа до 6,4 МПа (або в 1,28 рази). Після 14 діб затвердівання епоксикладових вона зростає до 7,2 МПа (в 1,44 рази), а після 28 діб – 7,5 МПа (1,5 рази) [4].

Більш інтенсивно міцність епоксиасфальтобетонів зростає за температури 20 °C та 50 °C. Так, міцність за температури 20 °C зростає відповідно в 1,67, 2,19 та 2,33 рази, а за температури 50 °C – 2,25, 3,12 та 3,38 рази [4].

Результати випробувань свідчать про інтенсивне підвищення міцності та зсувостійкості епоксиасфальтобетонів за помірних та високих температур. В усіх випадках міцність епоксиасфальтобетонів після 7 діб витримування за температури 0 °C відповідає вимогам діючим нормативним документам, а при 20 °C та 50 °C набагато перевищує їх.

Коефіцієнт водостійкості епоксиасфальтобетонів за перші сім днів знижується з 0,98 до 0,95 і надалі не змінюється.

Вплив температури затвердівання епоксикладових на фізико-механічні властивості епоксиасфальтобетонів

Під час дослідження впливу температури затвердівання епоксидних складових (термореактивних модифікаторів) на властивості епоксиасфальтобетонів використовувались епоксидні складові у кількості 10 % від маси бітуму.

Епоксиасфальтобетони випробовували після їх витримування за температури 25 °C, 40 °C та 60 °C впродовж 7 діб. Результати випробувань наведені на рис. 6.

Результати випробувань показали, що температура має значний вплив на швидкість затвердівання епоксикладових і, як наслідок, на фізико-механічні властивості епоксиасфальтобетонів.

Середня густина епоксиасфальтобетонів із підвищеннем температури затвердівання епоксикладових знижується. Під час затвердівання за температури 25 °C середня густина епоксиасфальтобетону становить 2,395 г/см³. Витримування зразків епоксиасфальтобетону за температури 40 °C та 60 °C призводить до зниження середньої густини відповідно до 2,390 г/см³ та 2,380 г/см³ [4].

Водночас зі зниженням середньої густини епоксиасфальтобетонів за умови підвищення температури затвердівання, відбувається зростання його водонасичення.

Так, під час затвердівання за температури 25 °C водонасичення епоксиасфальтобетону становить 1,4 %. Підвищення температури затвердівання до 40 °C супроводжується зростанням водонасичення до 1,5 %, при підвищенні до 60 °C – зростанням водонасичення до 1,7 %.

Міцність епоксиасфальтобетонів за температур 0 °C, 20 °C та 50 °C з підвищеннем температури затвердівання – зростає. При цьому, зростання міцності за температури 20 °C та 50 °C є більшим ніж за температури 0 °C. Так, міцність за температури 0 °C з підвищеннем температури затвердівання до 40 °C та 60 °C зростає в 1,06 та 1,14 рази, а за температури 20 °C та 50 °C – в 1,17 та 1,37 і 1,17 та 1,39, відповідно.

Висновки

Мости є важливою складовою частиною дорожньої мережі в Україні і для нормального її функціонування якісна, довговічна проїзна частина мостового полотна має велике значення.

Отже, в результаті досліджень встановлено, що епоксиасфальтобетон на відміну від традиційного асфальтобетону складається з двох фаз в'яжучого, в якому бітумне в'яжуче слугує вихідною розривною фазою, а рідка двокомпонентна епоксидна смола у поєднанні з окислювачем (затверджувачем) – безперервною фазою. Такий в'яжучий матеріал після затвердіння стає двофазним епоксидним термореактивним полімером [7]. Це в'яжуче у поєднанні із високоякісними традиційними заповнювачами для асфальтобетонного покриття утворює непроникний міцний

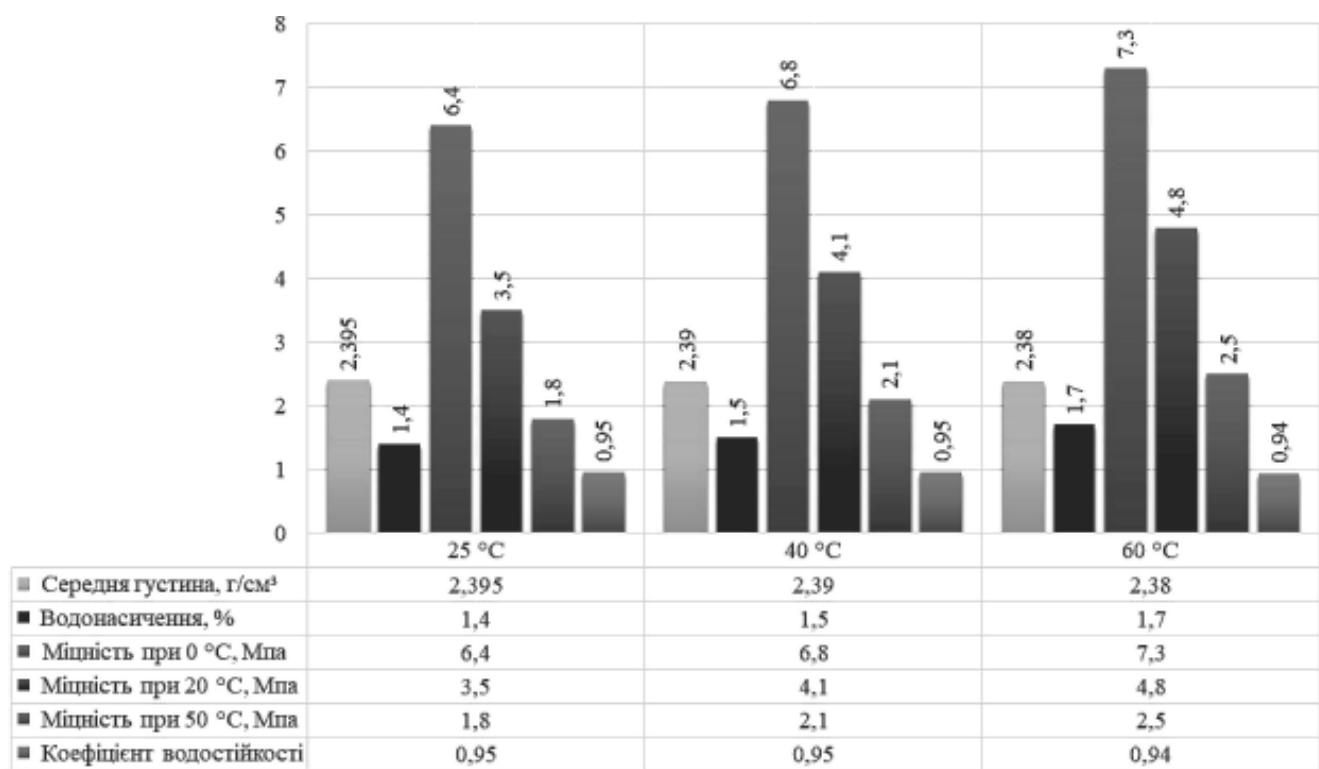


Рис. 6. Вплив температури затвердівання епоксидних складових на фізико-механічні властивості епоксиасфальтобетонів

полімерасфальбетон з підвищеними фізико-механічними властивостями [8], які без сумніву достатні для значного підвищення якості, працевдатності та втомної довговічності асфальтобетонних покрівів на автодорожніх мостах із заливобетонною або ортотропною плитою.

За умови заміни (10 – 20) % бітуму епоксидними компонентами відзначається значне поліпшення міцнісних характеристик асфальтобетонного покриття, особливо за підвищених температур. А також, визначено особливість епоксидного асфальтобетону набирати міцність під час тривалої експлуатації. Крім того, епоксиасфальтобетон відзначається уповільненім старінням під впливом погодно-кліматичних факторів та стійкістю до дії паливно-мастильних матеріалів [9]. Однак, низькотемпературні характеристики епоксиасфальтобетону можуть погіршитись у результаті затвердіння епоксидних компонентів, тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на встановлення властивостей епоксиасфальтобетону до тріщинності.

Отже, незважаючи можливу підвищену вартість епоксиасфальтобетону в порівнянні з традиційним асфальтобетоном, тривалий термін експлуатації покрівів на його основі повинен забезпечити високу рентабельність використання цього матеріалу, особливо на дорогах з інтенсивним рухом та суворими дорожніми умовами.

References

1. Onyshchenko A. M. (2017). Scientific basis for improving the stability of asphalt concrete pavement to the formation of a track on road bridges (Doctoral dissertation). Proquest Dissertations and Theses. Ph.D (Ing.) Kyiv. Retrieved July 13, 2020 from <https://u.to/C785GQ> [in Ukrainian]
2. Onyshchenko A. N. (2008). Increase of longevity of asphalt – concrete's layers for an account the use of polymeric latexes: dissertation for a scientific degree Candidate Engineering Sciences. Kyiv, 21. Retrieved July 13, 2020 from <https://u.to/xElhFg> [in Ukrainian]
3. Lavrukhan V., Kalgin Yu., Erofeev V. (2001). Ustalostnaya dolgovechnost' asfal'tobetonov na modifitsirovannykh bitumakh. [Fatigue life of asphalt concrete based on modified bitumen]. Russia, Saransk, Vestnik mordovskogo universiteta, 3-4, 128-135. Retrieved January 16, 2001 from <https://u.to/O8T5Gg>
4. Kishchinsky S. V., Kopinets I. V. (2018). Provesty doslidzhennya ta rozrobty enerho ta resursozberihayuchi tekhnolohiyi vlashtuvannya dovhovichnykh dorozhnikh pokryttiv z vykorystannym termoreaktivnym modyifikatoriv asfal'tobetonu z epoksyskladovoyu. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu. Kyiv. [in Ukrainian].
5. Peijun Xu, Peiliang Cong, Huan Ye, Shuanfa Chen. Modification of Epoxy Asphalt by Hyperbranched Polyester. (2013). Materials Science and Technology II. Xi'an, 716, 379-382. Retrieved July 15, 2020 from <https://u.to/h9ktFg>
6. Alabaster D., Herrington P. R., Waters J. (2012). Ultra long life low noise porous asphalt. The Journal of the Acoustical Society of America. Hong Kong, 131, 4, 131, 4:3225. Retrieved July 22, 2020 from <https://u.to/7-EtFg>
7. Jianming Wei, Yuzhen Zhang. (2012). Study on the Curing Process of Epoxy Asphalt. China, Beijing, Journal of Testing and Evaluation, 40, 7, 1-8. Retrieved January 20, 2021 from <https://u.to/HMv5Gg>
8. Yang Kang, Mingyu Song, Liang Pu, Tingfu Liu. (2015). Rheological behaviors of epoxy asphalt binder in comparison of base asphalt binder and SBS modified asphalt binder. Construction and Building Materials. Chins, Hong Kong, 12-18.
9. Kozhushko V. P., Byl'chenko A. V., Kyslov A. H., Berezhnaya E. V., Bezbabycheva O. Y., Buhaevskyy S. A., Krasnov S. N., Krasnova E. S. (2016). Povysheny'e dolgovechnosty avtodorozhnykh mostov. Monohrafyya [Increasing the durability of road bridges. Monograph]. Ukraine, Khar'kov, 236. (Information and documentation). [in Ukrainian].
10. State Standard of Ukraine. (2001). DSTU 4044-2001 Bitumy naftovi dorozhni v'yazki. Tekhnichni umovy. [Bitumens are oil road bindings. Specifications]. Kyiv, 15. (Information and documentation) [in Ukrainian].
11. State Standard of Ukraine. (2012). DSTU B V.2.7-119:2011 Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhni ta aerodromny. Tekhnichni umovy. [Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Specifications]. Kyiv, 2012. 59 p. (Information and documentation), [in Ukrainian].
12. State Standard of Ukraine. (2016). DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhni ta aerodromny. Metody vyprobuvani. [Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Test methods]. Kyiv, 64. (Information and documentation) [in Ukrainian].
13. Standard of organization of Ukraine. (2010). SOU 45.2-00018112-057:2010 Asfal'tobetonni sumishi ta asfal'tobeton na osnovi modyifikovanykh polimeramy bitumiv. [Asphalt mixes and asphalt concrete based on polymer modified bitumen]. Kyiv, 15. (Information and documentation) [in Ukrainian].

ПЕРЕНЕСЕННЯ СЕМІНАРУ

З метою упередження масового поширення коронавірусної інфекції Укравтодор та ДП "ДерждорНДІ" ПЕРЕНОСЯТЬ проведення семінару "Закупівлі в дорожній галузі. Особливості формування договірних цін на дорожні роботи"!

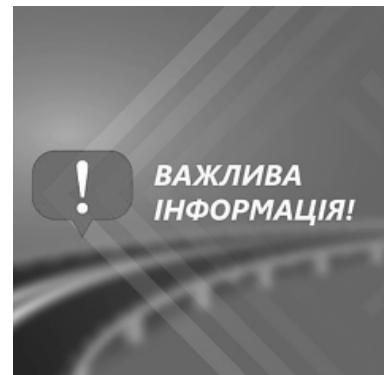
Нова дата проведення заходу – 26-27 травня 2021 року!

Усі інші умови заходу залишаються без змін.

Для участі в заході просимо реєструватися до 20 травня 2021 року

Вже зареєстрованим учасникам повторно реєструватись НЕ потрібно.

Детальніше за телефонами: +38 (050) 443-07-53, +38 (097) 708-55-67.



ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВНИХ ЗНАЧЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗВ'ЯЗНИХ ГРУНТІВ ЗА ДАНИМИ ДИНАМІЧНОГО ЗОНДУВАННЯ

DETERMINATION OF NORMATIVE VALUES OF MECHANICAL INDICATORS OF BONDED SOILS BASED ON DYNAMIC PROBING DATA

Анотація. На основі аналітичного аналізу табличних значень механічних показників зв'язних ґрунтів природного залягання (структуркованих), які наводяться в будівельних нормативних документах, та їх деякого корегування з урахуванням практичного досвіду геотехнічних вишукувань із застосуванням методу динамічного зондування, дається графічна й аналітична (формульна) інтерпретація цих значень відносно значень показника динамічного зондування P_d MPa, та показника текучості I_L ед., за ступеня водонасичення цих ґрунтів $Sr \geq 0,8$ од.

Також у роботі дається фізичне обґрунтування суттєвої різниці між значеннями механічних показників зв'язних ґрунтів у їх природному стані та аналогічними техногенними ґрунтами у штучних інженерних спорудах-насыпах, де їхні структурні зв'язки були порушені в процесі екскавації, в місцях видобутку, розрівнювання під час укладання та пошарового ущільнення.

Ключові слова: нормативні документи, табличні дані, зв'язні ґрунти, природні, механічні показники, графічна інтерпретація, аналітичні залежності.

Аннотация. На основе аналитического анализа табличных значений механических показателей связанных грунтов естественного залегания (структурированных), которые установлены в строительных нормативных документах, и их некоторой корректировки с учетом практического опыта геотехнических изысканий с применением метода динамического зондирования,дается графическая и аналитическая (формульная) интерпретация этих значений относительно значений показателя динамического зондирования P_d MPa, и показателя текучести I_L ед., по степени водонасыщения этих почв $Sr \geq 0,8$ ед.

Также в работе дается физическое обоснование существенной разницы между значениями механических показателей связанных грунтов в их естественном состоянии и аналогичными техногенными грунтами в искусственных инженерных сооружениях-насыпях, где их структурные связи были нарушены в процессе экскавации, в местах добычи, разравнивания в процессе устройства и послойного уплотнения.

Ключевые слова: нормативные документы, табличные данные, связные грунты, природные, механические показатели, графическая интерпретация, аналитические зависимости.

Abstract. In the work on the basis of analytical analysis of tabular data, both current and previous domestic regulatory documents on civil engineering, for mechanical indicators of bonded soils of natural occurrence graphic and analytical (formula) interpretation of these values in relation to the values of the dynamic probing index of P_d MPa, and yield index I_L units, for the degree of water saturation of these soils $Sr \geq 0,8$ units is given.

Correlation with the value of dynamic probing of P_d MPa allows not only to differentiate engineering and geological (geotechnical) cross-sections, more or less detailed, but also to estimate the load-bearing capacity of selected layers of bonded soils accurately enough.

The theoretical analysis has shown that the values of mechanical indicators of natural bonded soils adopted in the current regulatory documents, even taking into account their structural strength, can not be directly used as a prototype to assess similar indicators of compacted technogenic soils of artificial structures in the form of embankments of hydraulic dams, road embankments or airfields. This is due to the fact that in the vast majority of cases in civil construction assessed the properties of soils in the plastic state, which tend to have a lower density of dry soil than at the border of rolling, and a mandatory condition for the use of such soils in artificial soil structures is their compliance with the requirements of the so-called standard compaction, that is, the density of dry soil there should be more than the density of dry soil at the border of rolling. These soils are in a solid state (their concentration is $\geq 85\%$) and indeed (through direct contact between the soil parts) work as an elastic body and can be characterized by a modulus of elasticity with a corresponding small elastic deflection l_{max} and a sufficiently large design critical resistance value of $R_d \geq 0,6$ MPa, which must be determined at each laboratory test of the samples before they fracture or disproportional movement of the stamp.

Keywords: regulatory documents, tabular data, bonded soils, natural, mechanical properties, graphical interpretation, analytical dependencies.

Вступ

Через певну складність відбирання монолітних зразків ґрунтів, складність і тривалість їх лабораторних випробувань для визначення середніх (нормативних) і розрахункових значень механічних показників, на початкових етапах проектування, а також для менш відповідальних будівель і споруд, зазвичай, користуються нормативними даними, які наводяться в табличній формі у відповідних нормативних документах із будівництва [1, С. 47-48; 2, С. 88-89, 3, С. 12-13].

Одночасно, на початкових етапах проектування, разом із традиційними буровими геотехнічними роботами вже багато років застосовують й інші, більш продуктивні, хоча і не такі точні, допоміжні методи дослідження ґрутових масивів та основ інженерних споруд. Серед таких методів достатньо великого поширення набули методи статичного та динамічного зондування [5, С. 22]. Значними недоліками використання цих методів в українській практиці є те, що, зазвичай, обладнання для таких робіт використовують імпортного виробництва, а методику оцінювання значень механічних показників ґрунтів зашифровано в їх паспортній документації як власність відповідного виробника. Через це не можна бути достатньо впевненим, що дані, отримані в результаті якихось конкретно проведених вишукувань, відповідають саме цим ґрунтам, які насправді залягають в основі інженерних споруд.

Тому метою роботи також є необхідність показати, яким чином результати конкретних досліджень можуть бути узгоджені саме із даними чинної української нормативної будівельної бази даних.

Основна частина

Аналітичний аналіз табличних значень механічних показників зв'язних ґрунтів, у нормативних документах згаданих у вступі та у прийнятих там діапазонах (інтервалах) мінливості цих показників, можна представити у вигляді експоненціальних залежностей (рис. 1-3). У вибраних координатах і діапазонах зміни такі функції може бути представлено відрізками прямих ліній, що дає змогу досить просто знаходити необхідні показники графічним методом. До графіків також додано відповідні їм аналітичні залежності, що не лише спрощує процес і точність визначення числових значень цих показників, але і дає змогу, за необхідності, автоматизувати цей процес так, як нині це робиться в паспортах свердловин статичного зондування. Для пристрій динамічного зондування такого аналітичного переходу взагалі не існувало.

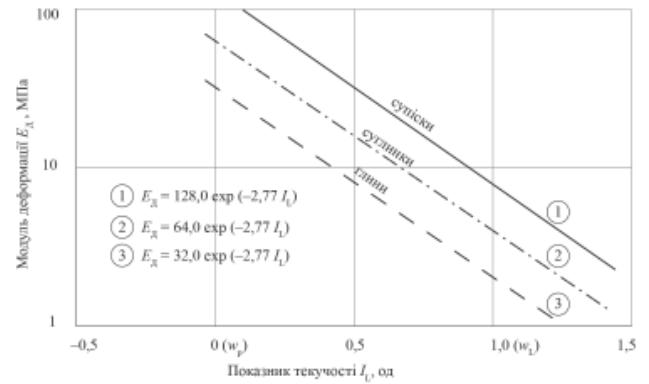


Рис. 1. Залежності нормативних значень модуля деформації зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0,8$ од.

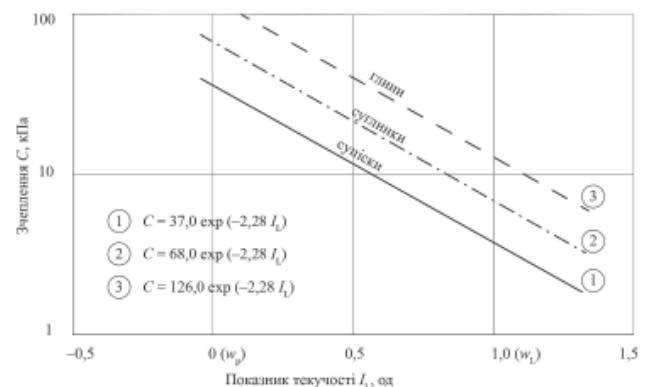


Рис. 2. Залежності нормативних значень зчеплення зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0,8$ од.

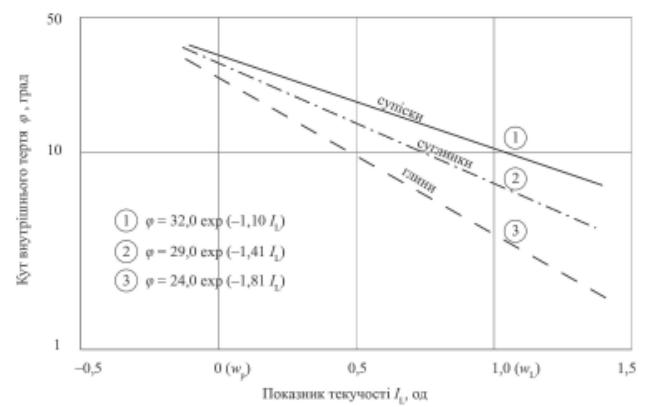


Рис. 3. Залежності нормативних значень кута внутрішнього тертя зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0,8$ МПа

На рис. 4 у графічній та аналітичній формах показано можливість поєднати значення показників опору ґрунтів динамічному зондуванню P_d , МПа, з фізичними параметрами ґрунтів у вигляді показників текучості I_L , од., та коефіцієнта ущільненості k_d , од. (за Приклонським В. А.) [7, С. 207].

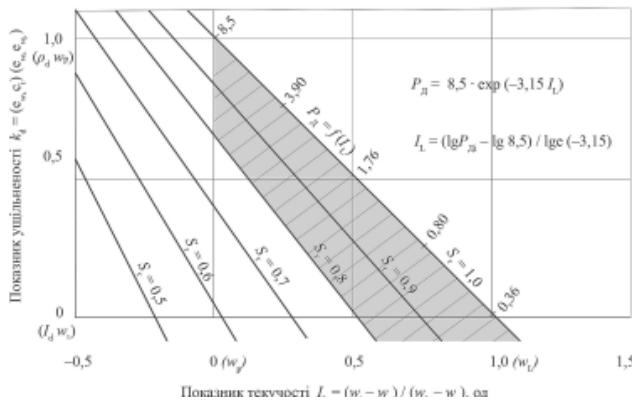


Рис. 4. Загальна залежність показника P_d МПа, зв'язних ґрунтів від їх показників ущільненості та текучості, коли $S_r \geq 0,8$ од.

Показники I_L [6, с. 32] та k_d у безрозмірному вигляді пов'язані з вологістю w , од., та густинною сухого ґрунту ρ_d г/см³, залежностями:

$$I_L = (w_i - w_p) / (w_L - w_p), \quad (1)$$

$$k_d = (e_{w_L} - e_{w_p}) / (e_{w_L} - e_{w_i}), \quad (2)$$

де:

I_L – показник текучості, од.;

k_d – показник ущільненості, од.;

w_L та w_p – межі текучості та розкочування ґрунту, од.;

e_{w_L} та e_{w_p} – коефіцієнти пористості ґрунту, од., які відповідають значенням їх меж текучості та розкочування;

w_i та e_{w_i} – вологість і коефіцієнт пористості кожного конкретного зразка ґрунту.

Для стану повного водонасичення $S_r = 1,0$ ці два показники однозначно пов'язані між собою залежністю:

$$e = w \cdot \rho_s$$

$$\text{а } I_L + k_d = 1,0,$$

де:

w – вологість ґрунту, в од.;

ρ_s – питома маса частини ґрунту, г/см³.

Для визначення показника ρ_s не потрібно відбирати моноліти ґрунтів.

Отже, на **рис. 4**, у досить зручному графічно-й аналітичному виглядах, можна бачити, як всі можливі стани ґрунтів, від твердих до текучих, так і їх зв'язок у водонасиченому стані з опором умовному динамічному зондуванню P_d МПа, що дозволяє поширити цей зв'язок і на стан ґрунтів із

$S_r \geq 0,8$. На **рис. 4** цю зону виокремлено відповідним забарвленням (штриховими лініями).

Усе висловлене до тепер стосується тільки природних, в тій чи тій мірі, структурованих (кристалізаційні, водноколоїдні зв'язки) ґрунтів, і в принципі, не може бути будь-яким чином поширене на техногенні деструктуризовані ґрунти в штучних ґрунтових інженерних спорудах. Причому, це обумовлено не тільки природними властивостями самих ґрунтів, а й величиною зусиль, які на них передаються, та характером їх прикладання (динамічні зусилля).

Так, в переважній більшості споруд цивільного будівництва, тиск, який чинить споруда на ґрунтову основу, не більше ніж 0,3 МПа (3 кг/см²). Компресійні випробування ґрунтів, зазвичай, обмежуються тиском $p \leq 0,5$ МПа (5 кг/см²) і нормативні показники ґрунтів даються лише у межах пластичного стану ґрунтів $0 \leq I_L \leq 0,75$. Безумовно, що окремі споруди розраховують і на більший тиск на ґрунт, але вони споруджуються за спеціальними проектами і дослідженнями.

У зв'язку із цим абсолютно недоречним можна вважати пристосування нормативних даних, характерних для цивільного будівництва для потреб, наприклад, дорожнього або аеродромного будівництва, що є чинним фактично і до нині [2-4].

Зроблений нами аналітичний аналіз цих нормативних документів [2-4] для транспортного будівництва показав, що формально враховуючи руйнування природної структури ґрунтів під час спорудження насипів, у табличних даних нормативних документів дещо зменшені значення показників c – зчеплення та φ – кута внутрішнього тертя. Водночас не зрозуміло, з яких міркувань там навіть дещо збільшенні значення модулів пружності, E_{np} , МПа, порівняно з наведеними в нормативних документах для цивільного будівництва модулями деформації E_d , МПа.

Варто взяти до уваги, що у пластичному стані зв'язних ґрунтів ($0 < I_L < 0,75$), для якого завжди наводяться ці показники у нормативних документах, пружні властивості таких ґрунтів практично відсутні, а так звані модулі деформації більше характеризують (особливо на початковій стадії випробування) структурні властивості ґрунтів ніж пластичних, що найкраще помітно саме для лесових ґрунтів на їх компресійних [9, С. 53].

З **рис. 5** добре видно, ґрунти, ущільнені в насипах, згідно зі стандартним ущільненням, повинні мати густину сухого ґрунту дещо більшу за густину сухого ґрунту відповідних зв'язних ґрунтів на межі їх розкочування w_p [10, С. 195].

У цій роботі через велику кількість графічного матеріалу це не показано, але, зазвичай, графіки стандартного ущільнення зв'язних ґрунтів у безрозмірних координатах $I_L - k_d$ дуже добре накладаються один на одного, а їхня максимальна густина сухого ґрунту перевищує аналогічну густину зв'язних ґрунтів на межі їх розкочування.

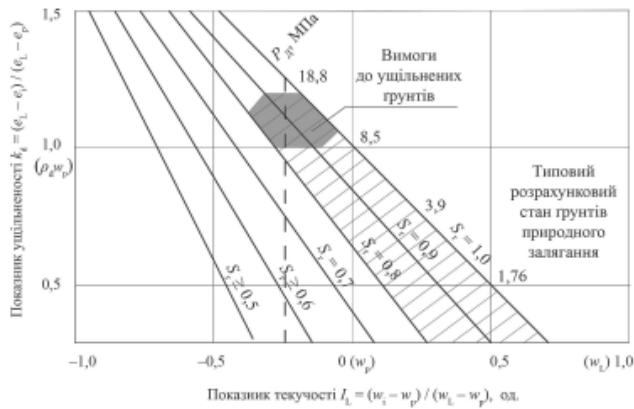


Рис. 5. Типові стани ґрунтів природного залягання та вимоги до стану ґрунтів, ущільнених в насипах

Якщо для прикладу порівняти залежності модулів деформації суглинистого ґрунту природного залягання і модулів пружності штучно ущільнених ґрунтів у приладі стандартного ущільнення (рис. 6), то також нескладно побачити, що не можна в нормативних документах на спорудження автомобільних доріг, чи інших штучних інженерних ґрутових споруд, спиратись на дані нормативних документів для цивільного будівництва як на прототип.

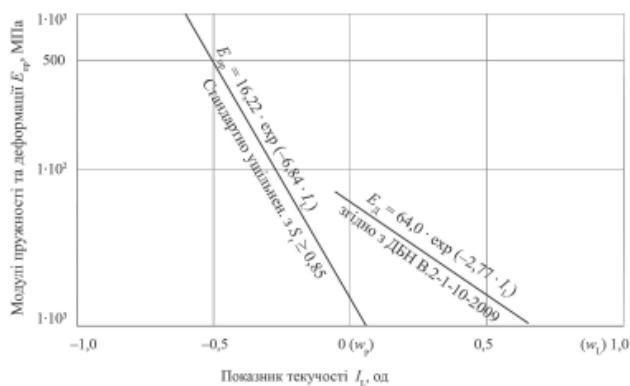


Рис. 6. Порівняння залежностей модулів деформації і модулів пружності суглинків від показника I_L , коли $S_r \geq 0,8$

Більш того, тепер виникає питання, а чи потрібно під час розрахунків дорожніх одягів користуватись такими показниками як зчеплення

і кут внутрішнього тертя? Відомо, що під час якісного спорудження насипів на ґрунт при його укочуванні, повинні діяти зусилля не менші 0,6 МПа [11, с 147, С. 152] за вологості ґрунту не більше нижньої межі пластичності w_p , а це досить сухі та тверді ґрунти. Випробування таких щільних зразків ґрунтів на зріз досить проблематичне і нам не відомі літературні значення таких показників c , ϕ при $I_L < 0$. Та й проводити такі випробування треба було б за вертикального тиску на зразок у межах (0,7-1,0) МПа. Отже, єдиним і найголовнішим параметром, який характеризує будівельні властивості ущільнених у насипах ґрунтів, має бути лише модуль пружності та пов'язані з ним величини найбільшого відносного пружного прогину I_{max} і відповідна йому межа міцності $R_0 \geq 0,6$ МПа.

У результаті проведеного аналізу, з'ясовується, що на міцність і довговічність (надійність) дорожніх та аеродромних одягів більше впливає не методика їх розрахунку, а саме якість спорудження земляного полотна ґрутової основи та достовірність виконання її контролю та пов'язані з цим процесом прилади й обладнання. Як гарантія надійної роботи дорожніх одягів в їх основі не повинно бути ґрунтів природного залягання із $\rho_d < \rho_{d_{w_p}}$ (принаймні на глибину 1,5 м від поверхні покриття).

Висновки

1. Виконана робота дає змогу для цивільного будівництва користуючись методом динамічного зондування, на початкових етапах проектування не тільки досить добре та якісно диференціювати геотехнічний розріз за несною здатністю ґрутових ширів, які його складають, але і кількісно, більш-менш ефективно і точно, оцінювати фізико-механічні показники ґрунтів відповідно до середніх табличних їх значень у чинних нормативних документах без відбирання зразків-монолітів структурованих ґрунтів.

2. Теоретичний аналіз показав, що чинні нормативні дані не можуть бути ніяким чином використано як прототип під час оцінювання механічних показників деструктурованих техногенних ґрунтів, з яких споружують штучні інженерні ґрутові споруди.

3. Для забезпечення надійної та довговічної роботи дорожніх одягів автомобільних доріг і аеродромів, в їх робочому шарі не повинно бути ґрунтів із густиною сухого ґрунту меншою ніж густина сухого ґрунту на межі розкочування (нижній межі пластичності). Найкраще, коли середнє значення густини сухого ґрунту техноген-

ного ущільненого ґрунту в робочому шарі буде у межах $(1,05 \div 1,1)\rho_{d_{sp}}$.

4. За неможливості виконання з якихось причин останньої вимоги, варто застосовувати методи армування ґрунтів геосинтетиками або розробляти спеціальні заходи для збільшення несної здатності ґрунтів.

References

1. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2009). DBN V.2.1-10-2009 Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia [DBN V.2.1-10-2009 Foundations and foundations of buildings. Basic design provisions]. Kyiv, 85.
2. UkrAvtoDor. (2004). VBN V.2.3-218-186-2004 Sporudy transportu. Dorozhniy odyah nezhorstkoho typu [VBN V.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Non-rigid pavement]. Kyiv, 105.
3. UkrAvtoDor. (1997). VBN V.2.3-218-008-97 Proektuvannya i budivnytstvo zhorstkykh ta z zhorstkymy prosharkamy dorozhnikh odyahiv [VBN V.2.3-218-008-97 Designing and construction of rigid and rigid layers of pavement]. Kyiv, 98.
4. KhNRU (2017). Dovidnyk N 1 rozrakhunkovykh kharakterystyk gruntiv, materialiv pokrytyya i osnovy dorozhn'oho odyahu ta navantazhen' vid normatyvnykh zasobiv [Handbook № 1 designing characteristics of soils, paving materials and bases of pavement and loads from regulatory means]. Kharkiv, 39.
5. DP "UkrNDNC". (2017). DSTU B V.2.1-9:2016 Grunty. Metody pol'ovykh vyprovuvan' statichnym i dynamichnym zonduvannym [DSTU B V.2.1-9:2016 Soils. Field test methods by static and dynamic sounding]. Kyiv, State Standard of Ukraine, 25.
6. Derzhbud Ukrayiny (1997). DSTU B V.2.1-2-96 Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Grunty. Klasyfikatsiya (HOST 25100-95) [DSTU B V.2.1-2-96 Bases and foundations of building and structures (NOST 25100-95)]. Kyiv, 1997. 51 p.
7. Priklonskyy V. A. (1955). Hruntovedeny. Chast' pervaya. Yzdanye 3-e [Soil science. Part one. 3rd edition]. Moscow, Hosheolohtekhzydat, 430.
8. Lytvynenko A. S. (2018). Do pytannya vyznachennya rozrakhunkovykh znachen' pokazykiv deformativnosti i mitsnosti zv'yaznykh hruntiv pry rozrakhunkakh dorozhnikh odyahiv avtomobil'nykh doroh [On the question of determining the calculated values of indicators of deformability and strength of cohesive soils in the calculation of road pavements]. Avtosljachovyk Ukrayiny. Kyiv, 42. DOI: 10.33868/0365-8392-2018-3-255-37-44.
9. Lytvynenko A. S. (2019). Obgruntuvannya suchasnoyi metodyky laboratornoho vyznachennya modulya pruzhnosti zv'yaznykh gruntiv ta yikh rozrakhunkovoho stanu v dorozhniy konstruktsiyi (Chastyna 2) [Substantiation of modern methods of laboratory determination of the modulus of elasticity of cohesive soils and their calculated state in the road structure (Part 2)]. Kyiv, 54. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-48-54.
10. Bezruk V. M., Kostirko M. T. (1955). Heolohyya y hruntovedeny [Geology and soil science]. Doryzdat, Moscow, 327.
11. Kharkhuta N. Ya., Vasyliev Yu. M. (1975). Prochnost, ustoychivost y uplotnenye hruntov zemlyanooho polotna avtomobilynykh doroh [Strength, stability and compaction of soils of subgrade of highways]. Moscow, Transport, 288.

УДК 625.7

© М. Ю. Ольхова, молодший науковий співробітник,
e-mail: olhovayamariya@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-4723-5301 (ДП "ДерждорНДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-1-265-56-63

© Mariya Olkhova, Junior Researcher,
e-mail: olhovayamariya@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-4723-5301 (DerzhodorNDI SE)

ВСТАВКИ РОЗМІЧАЛЬНІ ДОРОЖНІ. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА РОЛЬ У БЕЗПЕЦІ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

ROAD STUDS. HISTORY OF ORIGIN. TECHNICAL ANALYSIS AND THE ROLE IN TRAFFIC SAFETY

Анотація. Вставки розмічальні дорожні – точкові пристрої зі світловертельними елементами або внутрішнім джерелом світла закріплені або вбудовані у покриття проїзної частини та/чи узбіччя і за допомогою світлових сигналів попереджають, інформують або направляють учасників дорожнього руху в умовах недостатнього освітлення.

За допомогою статистичних даних, близько 50 % дорожньо-транспортних пригод загалом та дорожньо-транспортних пригод із загиблими та/або травмованими трапляється на автомобільних дорогах у темну пору доби (ніч, сутінки ранкові, сутінки вечірні). Після проведеного аналізу застосування вставок розмічальних дорожніх у різних країнах була розроблена нова редакція ДСТУ, яка дасть змогу детально розглянути місце розташування, кольорографічні вимоги, спосіб кріплення, форми вставок розмічальних дорожніх тощо. Ключові слова: вставки розмічальні дорожні, світлоповерталний елемент, безпека дорожнього руху, дорожньо-транспортна пригода, автомобільна дорога.

Аннотация. Вставки разметочные дорожные – точечные устройства с светоотражающими элементами или внутренним источником света закреплены или встроенные в покрытие проезжей части и/или обочины и с помощью световых сигналов предупреждают, информируют или направляют участников дорожного движения в условиях недостаточного освещения.

С помощью статистических данных, около 50 % всех дорожно-транспортных происшествий и дорожно-транспортных происшествий с погибшими и/или травмированными случается на автомобильных дорогах в темное время суток (ночь, сумерки утренние, сумерки вечерние).

После проведенного анализа применения вставок разметочных дорожных в разных странах была разработана новая редакция ГОСТ, которая позволит детально рассмотреть местоположение, требования относительно цвета, способ крепления, формы вставок разметочных дорожных и тому подобное.

Ключевые слова. Вставки разметочные дорожные, световозвращающие элементы, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, автомобильная дорога.

Abstract. Road studs is dotted devices with retroreflective elements or internal light sources fixed or embedded in the pavement of carriage way and / or on the roadside and by light signals warn, inform or guide road users in conditions of insufficient lighting.

Road studs are intended for improving the visual orientation of drivers at dark time of the day and in adverse weather conditions on the highways, streets and roads of settlements.

According to statistics, about 50% of all traffic accidents and accidents with fatalities and / or injuries occur on the highways in the dark time (night, morning and evening twilights).

First road studs occurred on the roads in 1947. The inventor, Percy Shaw, had patented the device and opened his own factory for its production. After that their mass production, improvement and distribution worldwide, including Ukraine started.

After the analysis of road studs usage in different countries, a new edition of GOST was developed, which allow considering in detail the location, requirements for color, fastening method, shape of road studs, their size, material of the retro reflective element, marking, the given rules and examples of the application of road studs, etc.

According to foreign experts, the retro reflectivity is important for visual orientation in the dark time and has a positive impact on the traffic safety.

Usage of retroreflective elements on the highways will increase the visibility of path of movement and stationary objects, which will significantly improve the safety of road users. A driver who is informed by road studs about what to expect from the road will react to changes in traffic conditions in a timely manner. It is especially important that road studs must be visible regardless of the time of day and weather conditions.

Keywords: road studs, retroreflective elements, road safety, road accidents, highway.

Вступ

Безпека дорожнього руху стала однією з найактуальніших соціально-економічних проблем нашого часу. Щодня на автомобільних дорогах реєструються дорожньо-транспортні пригоди (далі – ДТП), внаслідок яких гинуть і травмуються люди.

Колосальна шкода завдається й економіці країни. Українські експерти оцінюють річні збитки від ДТП у 16 млрд гривень, а якщо застосувати поширені зарубіжні методики, то вони становлять 10-12 млрд доларів США [1]

Темна пора доби передбачає підвищену небезпеку для учасників дорожнього руху. Видимість у нічний час значною мірою обмежена і рух стає особливо складним. Саме тому, в темну пору доби важливо забезпечити водію зорове орієнтування напрямку руху, наявність перешкод та небезпечних ділянок (острівців безпеки, наземних пішохідних переходів тощо).

Як свідчить статистика на дорогах загального користування державного значення, у темну пору доби (ніч та сутінки ранкові та вечірні) трапляється близько 36 % всіх ДТП та більше 40 % ДТП із загиблими та/або травмованими (рис. 1-2).



Рис. 1. Частка всіх ДТП за порою доби за 2020 рік



Рис. 2. Частка ДТП із загиблими та/або травмованими за порою доби за 2020 рік

Для запобігання кількості жертв на дорогах та покращення безпеки дорожнього руху (далі – БДР) у нічний час, з кожним роком розробляється безліч різноманітних заходів. Серед кращої практики щодо впровадження заходів на дорогах в Україні варто віднести [2-4]:

- нанесення дорожньої розмітки зі світло відбивними властивостями;
- встановлення дорожніх знаків із жовтою каймою із люмінесцентної плівки;
- встановлення дорожніх знаків зі світлодіодною підсвіткою;
- влаштування шумових смуг у вигляді крапель чи ребер або шляхом заглиблення у покриття;
- застосування пристройів примусового зниження швидкості;
- встановлення світлофорних об'єктів;
- застосування світловертильних елементів (катафотів) на стовпчиках напрямних і на транспортному огороженні.

Важливу роль у забезпеченні БДР, у темну пору доби, відіграють і вставки розмічальні дорожні (далі – ВДР). Їх ще можуть називати "котяче око".

Основна частина

Хто ж був, та де, народився винахідник ВРД?

У маленькому містечку Галіфакс (Канада), 15 квітня 1890 року, народився Персі Шоу. Він був одним з чотирнадцяти зведеніх братів та сестер і повинен був допомагати поповнювати сімейний бюджет, продаючи залишки фруктів та овочів із саду. Його батьком був Джиммі Шоу, який працював у місцевому млині.

Із самого малку Персі був дуже винахідливим хлопчиком. Із 13 років працював на різних роботах.

Близьче до 1930-х років, Персі заснував власний бізнес із ремонту доріг та винайшов механічний каток, в якому використав старий двигун від Ford, три колеса з твердими шинами зі старої вантажівки.

Як саме Персі Шоу наштовхнувся на ідею створення "котячого ока"?

Ще в епоху трамваїв, автомобілісти орієнтувалися на відбиття світла своїх фар на трамвайні колії. Це давало змогу водіям краще орієнтуватися на дорозі. Пізніше автомобілі та автобуси витіснили трамвай і трамвайні колії були видалені. Згідно з цією версією, Персі Шоу зрозумів, що для орієнтування на автомобільній дорозі у нічний час, потрібно передбачити застосування якихось пристройів, які могли б направляти водіїв.

Інша версія стверджує, що однієї туманної ночі Персі повертається додому з Бредфорда в Баттаун. Дорога, охоплювала схил пагорба і мала великий уклін праворуч (рис. 3). Видимість була погіршена через густий туман. На той момент тільки легка огорожа стояла між його автомобілем та прірвою. Аж раптом, на світло фар потрапили дві цятки світла. Це були очі кішки, яка сиділа на паркані. Можливо саме ця кішка врятувала Персі від смертельної катастрофи. І в ту мить, він зрозумів, що такі цятки світла повинні бути встановлені на автомобільній дорозі для кращого зорового орієнтування водіїв у темну пору доби та коли видимість обмежена.



Рис. 3. Трамвайні лінії в Амблер Таун, де Персі Шоу бачив "котяче око"

Сам Персі Шоу під час інтерв'ю зі знаменитим телевізійним журналістом Алланом Вікером розповів іншу історію виникнення "котячого ока" (рис. 4).



Рис. 4. Інтерв'ю Персі Шоу зі знаменитим тележурналістом Алланом Вікером біля свого автомобіля та власного пристрою

Він сказав: "Я побачив світловідбивний значок однієї туманної ночі в Квінсбері, коли виходив з пабу Роуз Лінда, і я подумав собі, що ця річ повинна бути внизу на дорозі, а не вгорі. Тому

я поцупив ці два-три відбивачі і взяв їх із собою додому. Я щупав та роздивлявся їх сотні разів перш ніж зрозумів, що я можу з ними зробити та як використати" [5, 6]. Сім'я Шоу сказала, що ця історія є абсолютною правдою і щоб там не було, все інше – легенда.

Удосконалюючи свій пристрій впродовж декількох років, Персі нарешті виготовив дорожній пристрій, який спершу складався зі скляних кульок, встановлених у пружну гумову прокладку (**рис. 5**).

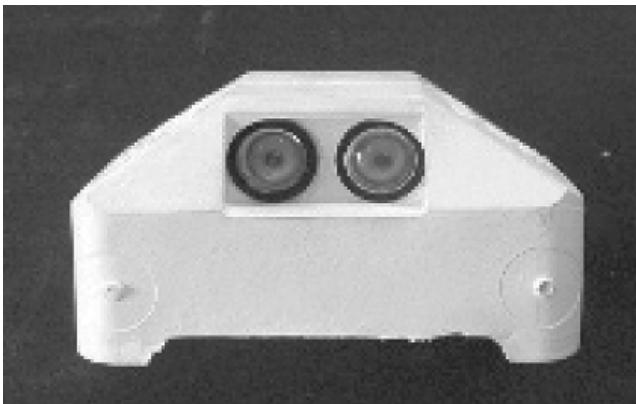


Рис. 5. Перша модель пристрою "котяче око"

Пристрій був достатньо світливий, щоб його із легкістю можна було побачити на дорозі. Працював він за будь-яких погодних умов і не зазнавав пошкоджень під час проїзду транспортних засобів [6].

У 1934 році Персі Шоу запатентував свій пристрій – вставка розмічальна дорожня [7], а в 1935 році – заснував власну компанію Reflectang Road Studs Limited для виробництва цих пристройів (**рис. 6**).

Сама ж світлоповертальна лінза була винайдена шести роками раніше Річардом Холліном Мюрреєм (**рис. 7**) [8, 9], і як визнав Шоу, вони разом зробили внеск у цей пристрій.

У 1947 році пристрій "котяче око" вперше з'явився на дорозі, а його винахідник був відзначений найвищою нагородою – Орденом Британської Імперії (**рис. 8**) [10].

Сам Персі Шоу ніколи не був одружений і помер в своєму маєтку 1 вересня 1976 року [5]. Та на згадку він залишив цей чудовий пристрій, який і надалі продовжують вдосконалювати та застосовувати в усьому світі.

На сьогодні проблема дорожньо-транспортного травматизму, як і раніше, залишається дуже



Рис. 6. Фабрика із виготовлення пристрою "котяче око"

26, 1927

R. H. MURRAY

LIGHT REFLECTING DEVICE OR UNIT
Filed April 5, 1926

1,6:

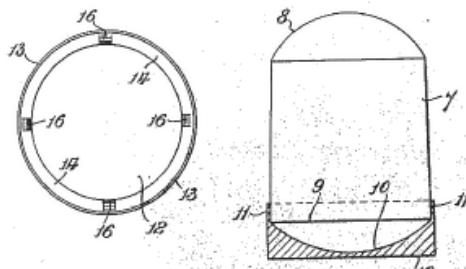


FIG. 5.

Inventor
Richard H. Murray
by
Dowling & Clark
Attn:

Рис. 7. Перша світлоповертальна лінза



Рис. 8. Перси Шоу нагороджений Орденом Британської Імперії

гострою для урядів багатьох країн. Завдання інженерів – знайти додаткові засоби для уникнення небезпечних ситуацій на дорогах, що призводять до трагічних наслідків.

Одним з таких заходів, на переконання закордонних експертів, є застосування ВРД. Властивість відбивати світло має велике значення для зорового орієнтування водіїв під час руху дорогою у темну пору доби та підвищення БДР.

Як свідчать дослідження, виконані в Норвегії Дорожньою лабораторією (Thurmann-Moe, 1980) [11], видимість у темну пору доби можна збільшити на 10 % – 20 % за допомогою застосування світлоповертальних елементів на дорозі. Це дає змогу покращити умови видимості, особливо коли ділянка не освітлена. Отже, учасники дорожнього руху та нерухомі об'єкти можуть бути

виявлені значно раніше, що приведе до зменшення рівня аварійності

Нині ВРД використовуються у різних країнах та використовуються у різних цілях, а саме:

- позначення краю проїзної частини;
- узбіччя;
- напрямних острівців;
- острівців безпеки;
- пішохідних переходів;
- перехідно-швидкісних смуг руху (далі – ПШС);
- розділення смуг руху;
- місць (ділянок) концентрації ДТП;
- виділення центрального острівця на кільцевій розв'язці;
- влаштування на бордюрах;
- розділення транспортних потоків зустрічного руху тощо.

Великобританія та Гонконг. ВРД білого кольору застосовуються для позначення осі дороги, де вуличне освітлення відсутнє. Вони також використовуються для позначення смуг руху в попутному напрямку та для позначення острівців безпеки. ВРД червоного кольору застосовуються вздовж узбіч автомагістралей, для позначення лівого краю проїзної частини на дорогах з розділювальною смugoю. ВРД зеленого кольору позначають місця для в'їзду та виїзду з прилеглої території, в'їзди та виїзди з майданчиків для стоянки чи майданчиків для відпочинку. ВРД блакитного кольору – лише для місць паркування ТЗ [12, 13].

Ліван. ВРД білого кольору застосовуються у поєднанні з суцільною або подвійною суцільною дорожньою розміткою на автомагістралях. ВРД жовтого кольору – вздовж краю розділювальної смуги через кожні 10 метрів, а також на дорогах із подвійною жовтою розміткою через кожні 10 метрів (в цьому випадку ВРД розміщують всередині). ВРД червоного кольору застосовується на узбіччі через кожні 10 метрів.

Ірландія. ВРД жовтого кольору застосовуються для позначення краю проїзної частини (рис. 9), зеленого кольору – для попередження водіїв про наближення до перехрестя.



Рис. 9. Приклад застосування вставок розмічальних дорожніх в Ірландії

ВРД червоного та блакитного кольору на дорогах Ірландії не застосовуються взагалі. На особливо небезпечних ділянках автомобільних доріг встановлюють миготливі ВРД білого кольору [14].

Сполучені Штати Америки. У районах США, де випадає значна кількість снігу і необхідне використання відповідної снігоприбиральної техніки, ВРД використовують із утопленням у проїзну частину під час наїзду колеса автомобіля чи відвалу снігоприбиральної техніки [15].

Простим, але дуже важливим винахом є, так звані Botts'Dots ("точки Боттса") [16], які не тільки виконують роль поздовжніх шумових смуг, але й допомагають водіеві залишатись в межах своєї смуги в умовах недостатньої видимості (рис. 10).

Світлововертальні елементи "точки Боттса" зазвичай мають круглу форму. Виконуються в білому або жовтому кольорі. Їх часто застосовують на автомагістралях. Встановлюються вони шляхом приkleювання до дорожнього покриття за допомогою епоксидної смоли. "Точки Боттса" виготовляються з пластику або кераміки та вкриваються спеціальною світлововертальною фарбою [16].

Нова Зеландія. Автомобільні дороги в країні, зазвичай, позначаються як ВРД, так і Botts'Dots.

ВРД білого або жовтого кольору влаштовуються вздовж осі автомобільних доріг.

ВРД жовтого кольору застосовують на ділянках, де обгін заборонений.

ВРД червоного кольору – вздовж узбіччя або лівого краю проїзної частини на дорогах із розділювальною смugoю.

ВРД блакитного кольору позначають місце знаходження пожежних гірантів.

ВРД зеленого кольору – для позначення водопропускних труб.

У сільській місцевості та на дорогах державного значення ця розмітка доповнюється стовпчи-

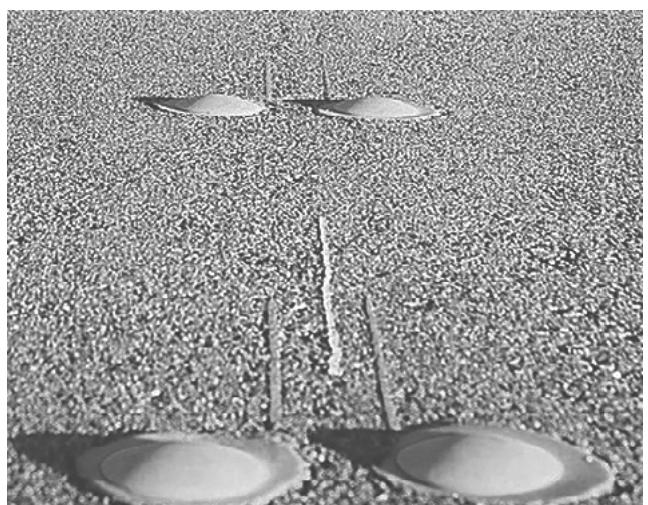


Рис. 10. Botts'Dots (точки Боттса)

ками зі світлоповертальним ефектом вздовж краю дороги (білі – ліворуч, червоні – праворуч). Москити також облаштовують такими стовпчиками (білий з чорним – ліворуч, жовтий з чорним – праворуч) [17].

Білорусь. На дорогах II-IV категорій та вулицях населених пунктів без розділювальної смуги, застосовують ВРД:

– червоного кольору для позначення правого краю проїзної частини;

– жовтого кольору для позначення лівого краю проїзної частин.

Для позначення краю проїзної частини з розділювальною смugoю застосовують ВРД червоного кольору.

За наявності бордюру, ВРД рекомендовано встановлювати згори бордюру.

Для розділення транспортних потоків зустрічних напрямків застосовують ВРД жовтого кольору.

Для позначення меж смуг у попутному напрямку застосовують ВДР білого кольору.

Для позначення меж ПШС, застосовують ВРД зеленого кольору [18].

Польща. ВРД білого кольору застосовуються для розділення руху протилежних напрямків у поєднанні з подвійною білою дорожньою розміткою, для позначення острівців безпеки та напрямних острівців, для позначення краю центрального острівця кільцевої розв'язки, лівого краю проїзної частини.

ВРД жовтого кольору застосовують, коли організація дорожнього руху тимчасово змінена.

ВРД червоного кольору застосовують для позначення правого краю проїзної частини, зовнішнього краю напрямних острівців та острівців безпеки [19].

Україна. У зв'язку з різноманіттям застосування ВРД різних країн, у новій редакції ДСТУ 4036 уточнено місця розташування ВРД, типи ВРД, деталізовано колір їх застосування на дорогах із розділювальною смugoю, має розширені фотометричні та колориметричні характеристики ВРД, представлено нові форми ВРД, додані приклади умовних познак тощо.

Вимоги щодо кольору ВРД та інших світлоповертальних елементів викладені у ДСТУ 4036 [20].

Відповідно до ДСТУ 4036 [20] ВРД за призначенням та місцем встановлення поділяються на:

– ВРД 1 – призначенні для позначення краю проїзної частини, на дорогах, що мають не більше трьох смуг сумарно для обох напрямків. Світлоповертальні елементи повинні бути червоного та білого кольору на двох протилежних гранях;

– ВРД 2 – призначенні для позначення правого і лівого краю проїзної частини на дорогах із розділювальною смugoю, центрального острівця кільцевої розв'язки, торцевої частини острівців напрямних чи острівців безпеки, що межують із коловою проїзною частиною кільцевої розв'язки. Світлоповертальні елементи повинні бути червоного кольору на одній грані;

– ВРД 2^a – багатогранні, призначенні для позначення краю центрального острівця кільцевої розв'язки. Світлоповертальні елементи повинні бути червоного кольору на всіх гранях багатогранної ВРД;

– ВРД 3 та ВРД 3^a багатогранні – призначенні для розділення транспортних потоків протилежних напрямків, зокрема на дорогах без розділювальної смуги, позначення острівців напрямних чи острівців безпеки, пішохідних переходів, велосипедних переїздів. Світлоповертальні елементи ВРД 3 повинні бути білого кольору на обох протилежніх гранях і білого кольору на всіх гранях ВРД 3^a;

– ВРД 4 – призначенні для позначення ПШС. Світлоповертальні елементи на одній грані повинні бути зеленого кольору;

– ВРД 5 та ВРД 5^a багатогранні – тимчасові, призначенні для використання під час організації дорожнього руху на ділянках проведення дорожніх робіт. Світлоповертальні елементи ВРД 5 повинні бути жовтого кольору на обох протилежніх гранях і жовтого кольору на всіх гранях ВРД 5^a;

– ВРД 6 дорожні маячки – ВРД активні, вбудовані перед наземним пішохідним переходом/велосипедним переїздом в покриття проїзної частини з боку тротуару або на тротуарі та призначенні для застосування у вигляді суцільної або переривчастої постійно підсвіченої лінії для привертання уваги пішоходів/велосипедистів. Колір світіння елементів – зелений/червоний, що дублює відповідні сигнали світлофора на регульованому пішохідному переході/велосипедному переїзді, а на нерегульованому – мигаючий жовтий.

– ВРД 6^a – автономні дорожні маячки – ВРД активні, вбудовані в покриття проїзної частини і призначенні для використання у місцях передбачених для ВРД 3 або ВРД 3^a (особливо в районах, де спостерігаються густі тумани) та на велосипедних доріжках. Колір світіння елементів – білий.

Висновки

Запатентовані та вперше з'явившись на автомобільних дорогах у 1947 році, ВРД суттєво змінили хід історії у дорожній галузі. Почалося їх

масове виготовлення та вдосконалення і тепер цей пристрій розповсюджується по всьому світу, зокрема і в Україні.

Безпека дорожнього руху, особливо в темну пору доби, залежить від інформативності, яку забезпечують технічні засоби організації дорожнього руху, одним із яких – є вставки розмічальні дорожні.

Після аналізу світового досвіду використання, місця розташування та кольорографічних вимог ВРД розроблена нова редакція ДСТУ.

Використання таких сучасних пристройів для позначення пішохідних переходів, кільцевих розв'язок (позначення краю центрального острівця), позначення торцевої частини острівців напрямних та острівців безпеки тощо суттєво підвищить безпеку учасників дорожнього руху в темну пору доби, адже завдяки ВРД водій легко може побачити перешкоду та знизити швидкість.

References

- масове виготовлення та вдосконалення і тепер цей пристрій розповсюджується по всьому світу, зокрема і в Україні.

Безпека дорожнього руху, особливо в темну пору доби, залежить від інформативності, яку забезпечують технічні засоби організації дорожнього руху, одним із яких – є вставки розмічальні дорожні.

Після аналізу світового досвіду використання, місця розташування та кольорографічних вимог ВРД розроблена нова редакція ДСТУ.

Використання таких сучасних пристрій для позначення пішохідних переходів, кільцевих розв'язок (позначення краю центрального острівця), позначення торцевої частини острівців напрямних та острівців безпеки тощо суттєво підвищить безпеку учасників дорожнього руху в темну пору доби, адже завдяки ВРД водій легко може побачити перешкоду та знизити швидкість.

References

 1. Bohatyr'ova R. V. (2010). Vstupne slovo. Bezpeka dorozhn'oho rukhu: pravovi ta orhanizatsiyni aspekty: Materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. [Road safety: legal and organizational aspects: Proceedings of the international scientific-practical conference]. Ukraine, Donetsk, Tsyfrovaya typohrafiya, 406. Retrieved January 10, 2021, from <http://veche.kiev.ua/journal/2979/>
 2. Bondar T. V, Yefymenko R. V, Pyna O. H. (2015). Otsinka merezhi dorih derzhavnoho znachennya za koefitsiyentamy rivniv avariynosti ta tyazhkosti naslidkiv vid DTP. [Assessment of the network of roads of state importance according to the coefficients of accident levels and severity of consequences of road accidents]. Ukraine, Kyiv, Dorohy i mosty, 15, 115-120. Retrieved January 27, 2021, from http://dorogimosti.org.ua/files/upload/dX_18.pdf
 3. Bondar T.V. (2012). DTP u temnu poru doby na avtomobil'nykh dorohakh zahal'noho korystuvannya. [Road accident in the dark on public roads]. Ukraine, Kyiv, Dorozhnya haluz' Ukrayiny, 1, 44-46.
 4. Kyiv. (2013). Naukovo-doslidna robota, zaklyuchnyy zvit. Vykonaty analiz normatyvno-tehnichnykh dokumentiv z bezpeky dorozhn'oho rukhu ta pidhotutuvat propozysiyi shchedro yikh rozvytku, udoskonalennya ta pryvedennya yikh polozhen' u vidpovidnist' do chynnoho zakonodavstva i suchasnykh vymoh do bezpeky dorozhn'oho rukhu. [Research work, final report. Perform analysis of normative and technical documents on road safety and prepare proposals for their development, improvement and bringing their provisions in line with current legislation and modern requirements for road safety]. Ukraine.
 5. The day Percy saw the light! Retrieved from <https://web.archive.org/web/20040312081747/http://www.halifaxtoday.co.uk/mk4custompages/CustomPage.aspx?PageID=39556>
 6. Reflecting Roadstuds Ltd: Catseye Roadstuds. Retrieved from <https://www.shutterstock.com/editorial/image-editorial/itv-archive-765100bn>
 7. Improvements relating to blocks for road surface marking. Retrieved from <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=GB&NR=457536&KC=&FT=E#>
 8. Light-reflecting device or unit. Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US1625905>
 9. Hollins Murray Richard. Light-reflecting device or unit (Apr 26, 1927) Retrieved from [#cite_ref-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%8E%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%B9,%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81%D0%B0%D0%BA%D1%82%D1%91%D1%80)
 10. Siogodni. Lifestyle. (2009). Poyavyly's svetlyachky-mayachky "koshachyy hlaz". [Fireflies-beacons "cat's eye" appeared]. Retrieved from <https://www.segodnya.ua/lifestyle/science/velikij-illjuzionist-zahadochnyj-shtrikhkod-i-koshachi-hlaza-156461.html>
 11. Rune Al'vyk, Anne Borher Myusen, Truls Vaa & ed. V.V., Syl'yanova. (2001). Spravochnyk po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. [Road Safety Handbook]. Russia, Moscow, MADY(HTU), 754.
 12. State Standard of London. (2003). Chapter 5. Traffic signs manual. (Information and documentation).
 13. Cat's eye (Road). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Cat%27s_eye_\(road\)#cite_note-Halifax_Today-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Cat%27s_eye_(road)#cite_note-Halifax_Today-1)
 14. English. M9 Carlow bypass, Ireland. Retrieved from <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:M9Carlow.JPG>
 15. Virginia Department of Transportation. (2008). Pavement Markers. Retrieved March 15, 2008, from <https://web.archive.org/web/20080408114004/http://www.virginiadot.org/business/resources/bu-mat-PaveMarkCh9.pdf>
 16. Mirfaktov. (2015). Dlya cheho nuzhny eti "rebra" po krayam dorohy? [What are these "ribs" along the adges of the road for?] Retrieved from <http://mirfaktov.com/dlya-chego-nuzhnyi-eti-rebra-po-krayam-dorogi/>
 17. New Zealand Driving Test Resources. (2017). Marking the edge of the road with markers and cat's eyes. Retrieved from <https://www.drivingtests.co.nz/resources/marketing-the-edge-of-the-road-with-markers-and-cats-eyes/>
 18. State Standard of Belarus. (2014). STB 1300-2014. Gosudarstvenny standart Respubliki Belarus'. Tekhnicheskiye sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya. [STB 1300-2014. State standard of the Republic of Belarus. Technical means of traffic management. Application rules]. Minsk, 137. (Information and documentation).
 19. State Standard of Poland. (2003). Szczegozowe warunki techniczne dla znakow i sygnazow drogowych oraz urzdyzen bezpieczenstwa ruchu drogowego i warunki ich umieszczenia na drogach. Zaczynki nr 1 – 4 do rozporz dzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczeg oowych warunkow technicznych dla znakow i sygna ow drogowych oraz urz dzen bezpieczenstwa ruchu drogowego i warunkow ich umieszczenia na drogach. Krakow. 443. (Information and documentation).
 20. State Standard of Ukraine. (2001). DSTU 4036-2001. Bezpeka dorozhn'oho rukhu. Vstavky rozmichal'ni dorozhni. Zahal'ni tekhnichni vymohy. [Road safety. Road studs. General technical requirements]. Kyiv. 17. (Information and documentation).



ЗВІТ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕННЯ XVIII МІЖНАРОДНОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВИСТАВКИ КОМУНТЕХ-2020 ТА XI СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВИСТАВКИ ДОРТЕХЕКСПО-2020



той факт, що близько 70 % учасників "Комунтех" та "ДорTexЕкспо" вважають виставки своїм головним презентаційним майданчиком в Україні і готовують для відвідувачів усі свої новинки. ПрАТ "Барський машинобудівний завод", ТОВ "Глобус-Авто", ТОВ "Дитячі та спортивні майданчики", ТОВ "Елкопламт-Україна", ТОВ "Керхер", ПрАТ "Кредмаш", ТОВ "Композит", ТОВ "Техкомплект", ТОВ ТК "Фенікс" та ще багато інших – це саме той кістяк, завдяки якому виставки привертають до себе увагу багатьох фахівців галузі.

Водночас ми з радістю можемо представити нових учасників, які відразу ж опинилися у центрі уваги профільних заходів: ТОВ "Автогіргруп", "Метало Гальва Україна", ТОВ "Смарт Лайтинг", ТОВ ТК "Спецзапчасть", ТОВ "Трак Сервіс – 2018", ТОВ "Утілікс. Уан", АФ "Юніверсал Моторз Груп", ТОВ "Пінопласт", ТОВ "Київ-Ліфт" і багато інших.

Окремо хотілося б зупинитися над масштабною експозицією спецтехніки, яка в цьому році стала ще насиченнішою та різноманітною: ВКП ПП "Альфатекс", ТОВ ТД "Альфатех", АТ "Ельворті", ТОВ "Завод Кобзаренка", МПП "Модус", ТОВ ТГ "Промтехсервіс", ТОВ "Спецкомунтех", ГК "ТДС", ТОВ "Техкомплект", ТОВ "Юромаш".

Виставкові заходи пройшли з дотриманням усіх норм та вимог МОЗ України, а співробітники Міжнародного виставкового центру зробили все від них залежне, щоб учасники та відвідувачі почувалися у безпеці.

До зустрічі на виставках у 2021 році з 19 до 21 жовтня!