

ДП "ДержавтрансНДпроект"
ДП "ДержорНДІ"
НТУ

Науково-виробничий журнал
"Автошляховик України"
Періодичність 4 рази на рік
№ 3 (267) 2021
(вересень)

Заснований у вересні 1960 року
Зареєстрований
14 грудня 2016 року

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

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

Головний редактор:
Дмитриченко М. Ф.

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

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

Випусковий редактор:
Бойко О. С.

ISSN: 0365-8392

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267

Передплатний індекс – 74 000

Індексується:
Ulrichsweb
CrossRef
Google Scholar

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

Новікова А. М.
Транс'європейська транспортна мережа: ініціативи нових
країн-членів ЄС 2

Тернюк М. Е., Красноштан О. М.
Класифікація чинників розвитку транспортних систем 11

Андрусенко С. І., Будниченко В. Б., Подпіснов В. С.
Оптимізація параметрів тягової акумуляторної батареї у тролейбусах
із частковим автономним ходом 15

Новини 21

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Терещенко Т. А., Ілляш С. І.
Розрахунок гранулометричного складу суміші холодного ресайлінгу
з додаванням нових мінеральних матеріалів відповідно до проектної
товщини регенерованого шару 22

Головко С. К.
Про сучасні можливості повторного використання
дорожньо-будівельних матеріалів для ремонту дорожніх одягів
удосконаленої полегшеного типу 30

Редченко В. П.
Про визначення технічного стану автодорожніх мостів 36

Гостев Ю. Г., Кострульова Т. Є.
Аналіз, доцільність та можливість застосування сучасного обладнання
з метою випробувань матеріалів для дорожньої розмітки відповідно
до європейських норм 42

Анонс. Зовсім скоро стартують Міжнародні виставки КомунТех-2021
та ДорТехЕкспо-2021 47

Мови видання: українська, російська та англійська.

Макетування: Шеканова Т. В.

Усі статті проходять одностроннє сліpe рецензування
або відкрите рецензування та схвалються до друку
рішенням редколегії.

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

Редакція не завжди поділяє погляди авторів публікацій.

Видавець:

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

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

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

e-mail: oboiko@insat.org.ua

Підписано до друку 24.09.2021

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

Ум. друк. арк. 5,9. Зам. 585.

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 656.078.1

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-2-10

© А. М. Новікова, докт. екон. наук, старший науковий співробітник, начальник Центру наукових досліджень комплексних транспортних проблем, e-mail: anovikova@insat.org.ua, ORCID:0000-0002-7165-8673 (ДП "ДержавтотрансНДПроект")

© 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 (SE "State Road Transport Research Institute")

ТРАНС'ЄВРОПЕЙСЬКА ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА: ІНІЦІАТИВИ НОВИХ КРАЇН-ЧЛЕНІВ ЄС

THE TRANS-EUROPEAN TRANSPORT NETWORK: INITIATIVES OF THE NEW EU MEMBER STATES

Анотація. Стаття присвячена транспортній політиці Європейського Союзу щодо розвитку базової та комплексної Транс'європейської транспортної мережі. Розглянуті пріоритети розвитку видів транспорту. Проаналізовані основні проскти розбудови транспортної мережі нових країн-членів ЄС, що об'єднані ініціативою трьох морів: Балтійське, Чорне та Адріатичне (країни Тримор'я). Розглянута базова транспортна мережа України та індикативні проскти її розвитку до 2030 року. Визначені проскти Тримор'я, у яких зацікавлена Україна.

Ключові слова: Транс'європейська транспортна мережа, транспортна політика ЄС, міжнародні транспортні коридори, проскти розвитку інфраструктури, країни Тримор'я.

Аннотация. Статья посвящена транспортной политике Европейского Союза по развитию базовой и комплексной Трансъевропейской транспортной сети. Рассмотрены приоритеты развития видов транспорта. Проанализированы основные проекты развития транспортной сети новых стран-членов ЕС, объединенных инициативой трех морей: Балтийское, Черное и Адриатическое (страны Триморья). Рассмотрена базовая транспортная сеть Украины и индикативные проекты ее развития до 2030 года. Определены проекты Триморья, в которых заинтересована Украина.

Ключевые слова: Трансъевропейская транспортная сеть, транспортная политика ЕС, международные транспортные коридоры, проекты развития инфраструктуры, страны Триморья.

Abstract. This article is about the European Union transport policy concerning the Trans-European core and comprehensive transport network. Priorities for modes transport development are considered. The main projects of the transport network of new EU member states, united by the initiative of the Three Seas: Baltic, Black and Adriatic Seas (3SI) are analyzed. The core network of Ukraine and its indicative projects until 2030 are described. The 3SI projects in which Ukraine is interested, have been identified.

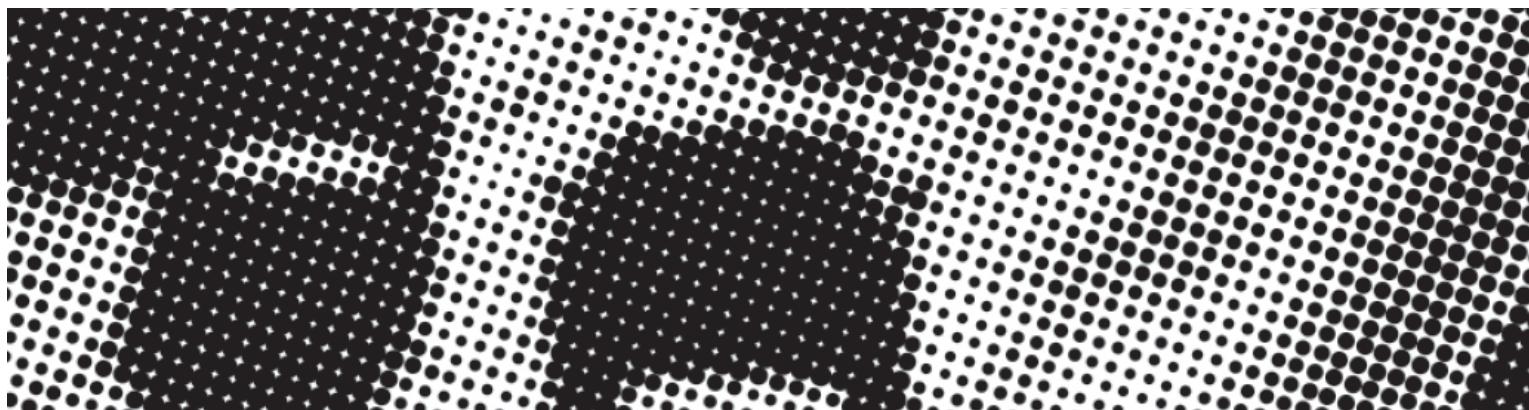
Keywords: Trans-European transport network, EU transport policy, international transport corridors, infrastructure projects.

Вступ

Інтеграція транспортних мереж стала необхідною передумовою створення Європейського Союзу. XII розділ Маастрихтської угоди (1993 р.) дає правову оцінку створенню та розширенню транс'європейських мереж: метою Європейського Союзу у транспортній політиці є розвиток наявних національних транспортних мереж, їхня взаємна

координація, забезпечення зв'язку центральних регіонів ЄС із периферійними та острівними територіями.

Плануючи розширення ЄС, Європейська конференція міністрів транспорту (ЄКМТ) у представництві 23 країн Європи в 1994 р. на другій Пан'європейській конференції на острові Крит ухвалила "Спільні головні напрями створення Тран-



с'європейської мережі", заснували 10 Пан'європейських (Критських) міжнародних транспортних коридорів, чотири з яких (№ 3, 5, 7, 9) проходять територією України.

Європейська транспортна мережа має у своєму складі такі елементи: Транс'європейську транспортну мережу, 10 Пан'європейських транспортних коридорів, продовженням яких стали Євразійські транспортні коридори, та чотири Пан'європейські транспортні зони (Баренцево-Європарктичну, Середземноморську, Чорноморську та басейн Адріатичного та Іонічного морів). Була висунута концепція морських магістралей (motorways of the sea) [1,2].

Транс'європейська транспортна мережа охоплює 70 тис. км залізничних колій, серед них 23 тис. км – швидкісних із середньою швидкістю 200 км/год, 58 тис. км швидкісних автомагістралей. До мережі увійшли також морські магістралі, внутрішні водні шляхи, морські, річкові порти та аеропорти.

Вступ нових членів ЄС із менш розвиненою транспортною інфраструктурою спонукає докладати зусиль та залучати ресурси Євросоюзу на створення Єдиного європейського транспортного простору.

Основна частина

Регламент (ЄС) № 1315/2013 Європейського парламенту та Ради Європи від 11 грудня 2013 року про настанови Євросоюзу щодо розвитку Транс'європейської транспортної мережі встановлює керівні принципи визначення та її розвитку [3]. Вона є дворівневою структурою, що складається з базової та комплексної мережі (core and comprehensive network), причому базова мережа заснована та розбудована на основі комплексної мережі. Стаття 6 визначає, що базова мережа повинна охоплювати ті частини комплексної мережі, які мають найвище стратегічне значення для досягнення цілей розбудови Транс'європейської транспортної мережі.

Для скоординованої і своєчасної організації базової мережі та максимізації мережевих переваг держави-члени ЄС мають до 2030 року вжити належних заходів для завершення проектів роз-

витку базової мережі. Що стосується комплексної мережі, країни-члени ЄС мають зробити все можливе для завершення цього проєкту до 2050 року. Критеріями відношення до комплексної мережі портів, аеропортів є обсяг перевезень не менше ніж 0,1% загального обсягу перевезень Євросоюзу або центральний порт/аеропорт країни з меншими обсягами перевезень.

Додатки Регламенту 1315/2013/ЄС містять численні карти базової та комплексної транспортної мережі країн ЄС та сусідніх країн. Визначені пріоритети розвитку видів транспорту.

Пріоритетами розвитку

залізничного транспорту

(a) розгортання Європейської залізничної системи управління рухом (European Rail Traffic Management System (ERTMS));

(b) перехід на номінальну ширину колії 1435 мм;

(c) зменшення впливу шуму та вібрації від залізничного транспорту шляхом, зокрема виконання відповідних дій із рухомим складом та інфраструктурою, включаючи встановлення шумозахисних бар'єрів;

(d) виконання вимог щодо інфраструктури та поліпшення функціональної сумісності;

(e) підвищення безпеки перетину залізничних переїздів;

(f) де це доречно, з'єднання інфраструктури залізничного транспорту з портовою інфраструктурою внутрішніх водних шляхів.

Пріоритетами розвитку

внутрішнього водного транспорту

(a) для наявних внутрішніх водних шляхів – упровадження заходів, необхідних для досягнення стандартів класу IV для внутрішніх водних шляхів;

(b) з метою задоволення потреб ринку там, де це доречно, досягнення найвищих стандартів модернізації наявних водних шляхів та створення нових водних шляхів згідно з визначеними технічними аспектами інфраструктури ЄКМТ;

(c) впровадження прикладного програмного забезпечення дистанційного зв'язку, зокрема річкової інформаційної системи (RIS);

(d) сполучення інфраструктури внутрішніх портів із залізничною та автомобільною інфраструктурами;

(e) звертання особливої уваги на річки, що вільно протікають, стан яких є близьким до природного, до котрих можуть бути застосовані специфічні заходи;

(f) просування сталого перевезення на внутрішніх водних шляхах;

(g) модернізація та розширення функціональної продуктивності інфраструктури, яку необхідно забезпечити для виконання транспортних операцій у межах портової території.

На автодорогах пріоритетами є:

(a) вдосконалення та просування практики безпеки дорожнього руху;

(b) використання інтелектуальних транспортних систем (ITS), зокрема мультимодальних систем інформації та керування рухом, а також інтегрованих комунікаційних і платіжних систем;

(c) впровадження нових технологій та інновацій з метою заохочення до використання низьковуглецевого транспорту;

(d) надання достатнього паркуваного простору з належним рівнем безпеки для комерційних користувачів;

(e) зменшення заторів на наявних дорогах.

Пріоритетами розвитку

морського транспорту є:

(a) просування морських магістралей, зокрема каботажне судноплавство;

(b) сполучення морських портів із внутрішніми водними шляхами;

(c) імплементація послуг моніторингу руху й розстановки суден (VTMIS) та e-Maritime;

(d) впровадження нових технологій та інновацій з метою сприяння використанню альтернативних видів палива та енергоефективного морського транспорту, зокрема скрапленого природного газу (LNG);

(e) модернізація та збільшення продуктивності/функціональності інфраструктури, яка є необхідною для забезпечення внутрішньо-портових транспортних операцій.

Пріоритетами розвитку

авіаційного транспорту є:

(a) збільшення пропускної спроможності аеропортів;

(b) підтримка впровадження Єдиного європейського неба та авіадиспетчерських систем, особливо розгортання системи Єдиного європейського неба (Single European Sky ATM Research (SESAR);

(c) вдосконалення мультимодальних сполучень між аеропортами та інфраструктурою інших типів транспорту;

(d) підвищення сталості та зменшення екологічних наслідків від застосування авіації.

Пріоритетами інфраструктури

мультимодального транспорту є:

(a) забезпечення ефективного сполучення та інтеграції інфраструктури комплексної мережі, зокрема шляхом впровадження інфраструктури доступу через вантажні термінали і логістичні платформи;

(b) усунення головних технічних та адміністративних перешкод здійсненню мультимодальних перевезень;

(c) розробка та забезпечення стабільного обміну даними між різними видами транспорту, а також забезпечення мультимодальних та "однотипних" послуг на всьому просторі Транс'європейської транспортної мережі.

Отже, пріоритетами розвитку **Транс'європейської транспортної мережі** є створення Єдиного європейського транспортного простору, що передбачає:

- інтеграцію, технологічну сумісність транспортної мережі (наприклад, перехід на колію 1435 мм);
- створення єдиної інформаційної системи управління рухом за видами транспорту;
- забезпечення мультимодальності;
- сталий розвиток "зеленої" політики.

Регламентом 1316/2013 Європейського парламенту та Ради Європи від 11 грудня 2013 року про заснування засобів єднання Європи та внесення змін до Регламенту (ЄС) № 913/2010 і скасування Регламентів (ЄС) № 680/2007 та (ЄС) № 67/2010 встановлено бюджет інвестування Транс'європейської мережі на період 2014–2020 pp. – 33,2 млрд євро, зокрема:

- транспорт – 26,2 млрд євро, серед яких із Фонду єднання ЄС – 11,2 млрд євро;
- телекомунікації – 1,1 млрд євро;
- енергетика – 5,8 млрд євро [4].

Він визначає пріоритетні напрямки, форми фінансування через європейські структурні фонди та фонди єднання, Інвестиційний фонд європейського сусідства (NIF) та Фонд підготовки до вступу до ЄС (IPA).

Принципами ЄС є співінвестування за рахунок бюджетів країн та корпорацій. Якщо старі держави-члени ЄС для розвитку транспортної інфраструктури використовують 35% бюджетних коштів, а 65% – коштів корпорацій, то в нових членів ЄС

54% – це бюджетні кошти та 46% – корпорацій. Це означає, що в нових членах ЄС не є достатньо розвиненим державно-приватне партнерство, а бюджети країн бідніші. Проблеми нових країн-членів ЄС – це слабкість бюджетів та відсталість інфраструктури. Тому виникла ситуація, що потріба у фінансуванні нових членів ЄС в 1,4 рази більша, ніж старих членів, а джерела фінансування не завжди задовольняють потреби транспортної інфраструктури (рис.1).

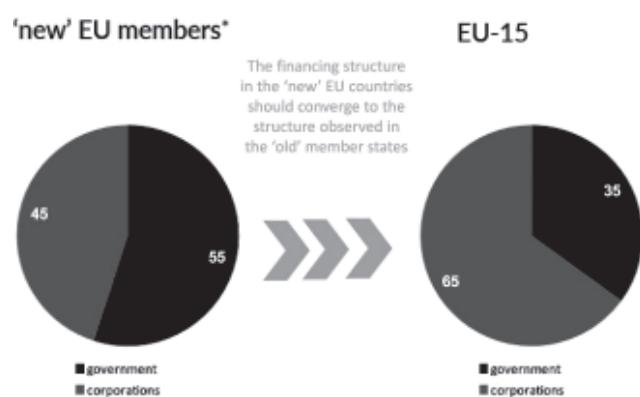


Рис.1. Структура джерел фінансування нових та старих країн-членів ЄС

У 2014 році 12 країн-членів ЄС (Литва, Латвія, Естонія, Польща, Угорщина, Австрія, Чехія, Хорватія, Румунія, Болгарія, Словаччина, Словенія) за пропозицією президентки Хорватії Колінди Грабар-Китарович та президента Польщі Анджея Дуди заснували ініціативу трьох морів (3 Sea) [5]. Це регіональні зусилля Тримор'я з розширення транскордонної енергетичної, транспортної та цифрової інфраструктури і стимулювання економічного розвитку на території між Адріатичним, Балтійським та Чорним морями.

Звичайно, транспортна інфраструктура країн Східної Європи відстає в розвитку від старих країн-членів ЄС. Якщо індекс якості транспортної інфраструктури Німеччини оцінюється в 6-7 балів, то нових країн-членів ЄС – у 3-5, а най slabших країн – від 1 до 2 (рис. 2).

Час доставлення вантажу на відстань 2500 км між портами старих та нових членів ЄС значно відрізняється. Наприклад, від порту Гетеборг (Швеція) до порту Барселона (Іспанія) він становить 24 години автомобілем та одну добу залізницею, тоді як між Талліном (Естонія) та Констанцею (Румунія) відповідно 32 години автомобілем та 3,5 доби потягом. Така відчутна різниця в часі потягом пояснюється необхідністю перевантаження вантажу у процесі зміни колії, втратою часу на

зайд транзитом на територію Білорусі, необхідністю накопичення вантажної партії для потягу.

До 2030 року потребу в інвестиціях країн Тримор'я оцінюють: на автодороги – у 165 млрд євро, на розвиток залізничного транспорту – 100 млрд євро, на водний транспорт – 13 млрд євро, повітряний транспорт – 11 млрд євро. До того ж серед усіх поданих 77 проектів країн Тримор'я потреба в інвестиціях у транспортну інфраструктуру становить 51%, в енергетику – 32%, а в диджиталізацію – 17%. Це й не дивно, адже транспортна інфраструктура – найдорожчий сектор, у який вкладає держава.

Транспортна політика ЄС спрямована на розвиток екологічно дружніх видів транспорту – залізничного та водного, однак нині частка перевезень залізницею між країнами ЄС становить від 1 до 20%. Винятком є сполучення Німеччина – Італія, де частка залізниці сягає 53% (рис. 3).

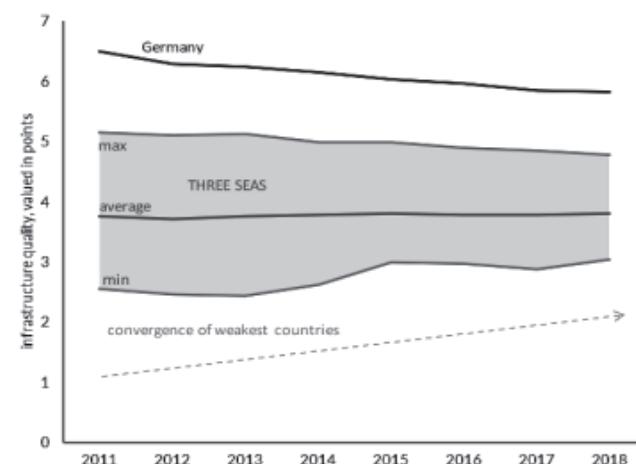


Рис. 2. Порівняння індексу якості транспортної інфраструктури Німеччини та країн Тримор'я

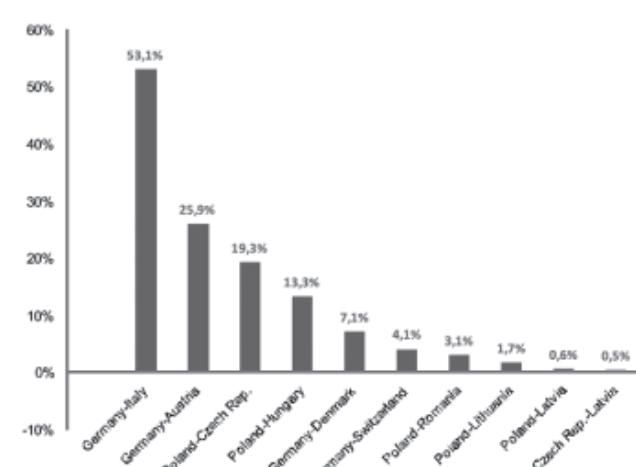


Рис. 3. Частка вантажів, яку перевозять залізничним транспортом між країнами ЄС

Це пояснюється тим, що транзитною країною між ними є Австрія, де через гірські умови розповсюджені контрейлерні перевезення: кожні 6 годин відправляється контрейлерний поїзд, завантажений вантажівками.

Найбільший проект країн Балтії – залізниця *Rail Baltica* та автомобільна магістраль *Via Baltica*. Головним трендом є перехід країн на європейську колію, адже технологічна сумісність країн ЄС вимагає одного типу колії. Згідно з проектом, залізниця пройде через Таллінн, Ригу, Каунас, Варшаву і Берлін (надалі – продовження маршруту до Венеції), покращивши сполучення між Центральною та Північно-Східною Європою. Також розглядають доцільність будівництва підводного залізничного тунелю між Талліном і Гельсінкі, або, в разі економічної невиправданості цього проекту, пуск залізничного порома між цими містами. Отже, *Rail Baltica* зможе з'єднати Фінляндію та частину Скандинавії із Західною Європою.

Передбачено поєднання *Rail Baltica* із залізничиною мережею Польщі у 2025 році, а Німеччини – у 2030. Швидкість руху пасажирських поїздів становитиме 250 км/год, вантажних – 120 км/год. Вартість проекту – 5,6 млрд євро (рис. 4).



Рис. 4. Нова залізнична магістраль *Rail Baltica*

Via Carpatia або *Карпатський шлях* – автомобільний маршрут, покликаний з'єднати країни Північної та Південної Європи. Кінцеві точки станом на 2016 рік – Клайпеда (Литва) та Салоніки (Греція).

Відгалуження:

- 4 ділянки (184 км), швидкісна автомагістраль S19 і 96 кілометрів – швидкісна автомагістраль S61 у Польщі;
- ділянка автомагістралі M30 в Угорщині (від Угорщини до словацького кордону очікується відкриття в 2022 році);
- швидкісна автомагістраль R4 у Словаччині;
- західна ділянка автомагістралі A6 у Румунії (Калафат – Лугож);
- Міст Нової Європи над Дунаєм (із Калафата, Румунія, до Видина, Болгарія);
- ділянка автостради Ботевград – Видин у Болгарії;
- ділянка автомагістралі "Струма" в Болгарії (рис. 5).

Via Carpatia має стати ключовим транс'європейським коридором, який повинен з'єднати країни Північної та Південної Європи, в майбутньому – України і Туреччини. Європарламент схвалив звіт, який передбачає підтримку розвитку транспортної інфраструктури вздовж східних кордонів ЄС.

Україна долучилась до проекту у 2016 році після підписання Декларації міністрів транспорту Болгарії, Чехії, Греції, Угорщини, Литви, Польщі, Словаччини, Румунії та Туреччини, свій підпис також поставила заступниця міністра інфраструктури України Оксана Рейтер. Будівництво розпочали на окремих ділянках уздовж дороги, очікується, що вся дорога буде відкрита у 2025 році.



Рис. 5. Схема поєднання транспортного коридору *Via Carpatia* з транспортною мережею України

Транспортний коридор Балтика – Адріатика. Ключова мережа TEN-t (рис. 6)
 Проект запропонований Польщею; країни-співзасновниці: Чехія, Словаччина, Австрія, Словенія, а також Італія, яка не є членом угрупування Тримор'я. Розвиток цього транспортного коридору в центрі Європи передбачає розширення транспортно-економічних зв'язків між регіонами Балтики та Адріатики. Охоплює всі види транспорту та основні термінали.

Серед завдань проекту – ліквідація вузьких місць, будівництво пропущених прикордонних сполучень, забезпечення технологічної сумісності. Також метою є інтеграція залізничного вантажного коридору в мультимодальну мережу TEN-t, застосування телематики для ефективного користування інфраструктурою. Вартість розбудови цього транспортного коридору за період 2016–2030 рр. становить 64,9 млрд євро. Очікується, що імплементація цих проектів збільшить ВВП на 850 млрд євро [5].

Загалом заплановано 161 інноваційний проект, серед яких 147 перебувають у розробці та 14 вже готові. З останніх 14-ти 6 проектів стосуються європейської системи управління залізничним рухом (The European Rail Traffic Management System (ERTMS), 3 проекти – інфраструктури та сервісу, 3 проекти – єдиного вікна в портах Відня та Венеції, 1 – декарбонізації, 1 – стійкого розвитку вантажного транспорту.

Інші будуть присвячені: 90 – впровадженню засобів телематики, зокрема 31 ERTMS, 24 – інтелектуальним транспортним системам, 9 – ініціативам стійкого вантажного транспорту та 25 – додатковим обсягам системи управління повітряним рухом Єдиного європейського неба (Single European Sky



Рис. 6. Схема міжнародного транспортного коридору Балтика – Адріатика

Aviation Traffic Management Research (SESAR), що спрямовано на модернізацію системи управління повітряним рухом. Перспективними є 48 проектів, які класифікують як нові технології, а також охоплюють 33 проекти із розробки альтернативного палива.

Залізничний вантажний коридор AMBER (рис. 7)

Коридор установлює транспортний зв'язок між Адріатичними портами в Словенії, річковими портами на Дунаї в Угорщині, Словаччині, принесе перспективу розвитку залізничного транспорту в Сербію та покращить залізничне сполучення в напрямку Європа – Азія. Мета – поліпшення трафіку вантажних поїздів на прикордонних станціях з використанням сучасних технологій моніторингу руху. Бюджет проекту становить 1,09 млн євро.

Фундація Європейських залізничних вантажних коридорів на рівні Євросоюзу спрямовує свою діяльність на досягнення цілі декарбонізації транспорту, використання екологічно дружніх технологій транспортування. Одночасно це вимагає забезпечення технологічної сумісності (інтероперабельності) залізничних систем різних країн, залучення інвестицій у розвиток інфраструктури, зменшення державного субсидіювання, покращення економічних умов для залізничного транспорту, поліпшення взаємодії зі споживачем.

Транспортна політика ЄС передбачає формування Єдиного європейського залізничного прос-



Рис. 7. Схема залізничного коридору AMBER (Польща – Угорщина – Словаччина – Сербія)

тору, посилення міжнародної співпраці в ЄС, створення інноваційних платформ для посилення контактів інфраструктурного менеджменту, зокрема на прикордонних пунктах пропуску в операційні та організаційних сферах.

В імплементаційній фазі проекту у 2017–2019 рр. підписана угода між інфраструктурними менеджерами. Тоді було здійснено вивчення ринку, пропускної спроможності та вузьких місць транспортного коридору. У 2019 році коридор офіційно запрацював. Розклади руху поїздів публікують щороку. Робочі групи та керівництво співпрацюють з метою підвищення ефективності та пошуку нових рішень. У Польщі нова ділянка Krakiv – Щиржик скоро стане частиною залізничного вантажного коридору II.

Проект каналу

Дунай – Ельба – Одер (рис. 8)

Уряд Чехії ініціював проект будівництва канала Дунай – Ельба – Одер і розпорядився про підготовку до реалізації його першого етапу – планування будівництва каналу Дунай – Одер та забезпечення судноплавства по Одеру від Острави.

Ідея будівництва каналу Дунай – Ельба – Одер не є новою. Знову до неї повернулися в Чехії у 2007 році, а потім – у 2016. Передбачають, що в разі реалізації проекту канал матиме структуру із трьох відгалужень: Одерського (98 км), Дунайського (118 км) та Ельбського (154 км). Ці відгалуження повинні з'єднуватися поблизу міста Пршерова (Чехія). Ширина каналу має становити 40 м. Каналом зможуть пересуватися судна з осадкою до 2,8 м, шириною до 11,4 м і довжиною до 185 м.

У 1992 році будівництво каналу оцінювали в 3,7 млрд євро, у 2004 – у 8,1-8,8 млрд євро, а у

2014 році була вже названа сума понад 14 млрд євро.

Президент Австрії Гайнц Фішер, хоч і наголосив на важливості проекту каналу Дунай – Ельба – Одер для обох країн, але все ж назвав його утопією. "Кожен політик може мати побоювання з приводу довгострокових проектів, оскільки вони опиняються в руках послідовників, а не його власних. Але ці проекти і створюють нашу економічну історію, і я сподіваюся, що всі розумні мрії будуть реалізовані, адже без мрії життя нудне та сіре. У політиці нам потрібні утопії", – заявив Гайнц Фішер.

Президент Польщі Анджей Дуда виявив більший інтерес до проекту. Польська сторона зацікавлена в розвитку судноплавства на Одері та залученні вантажів до портів Щецин і Свіноуйсьце. Однак, судячи з подальших подій, офіційна Варшава віддала перевагу більш раціональному проекту – протягом 4 років відновити судноплавство на польському відрізку Одера, між Щецином і Вроцлавом. Словаччина в особі прем'єра Роберта Фіцо формально підтримала проект, але зайняла вичікувальну позицію.

До того ж, незважаючи на грандізність проекту, існує декілька альтернатив. У 1992 році запущений 170-кілометровий канал Рейн – Майн – Дунай, який за допомогою Дунаю і Рейну з'єднав порти Чорного та Північного морів. Ця артерія частково дублює канал Дунай – Ельба – Одер. Крім того, максимальний вантажообіг каналу був зафіксований у 2000 році – 8,53 млн т. Це підтверджує, що навряд чи новий канал зможе швидко залучити анонсовані 18-30 млн тон вантажів.

Ще одним конкурентом каналу Одер – Дунай – Ельба є залізниця, яка вже зараз забезпечує перевезення вантажів між трьома морями. Прикладом тому є приватна чеська залізнична компанія Metrans. Оператор обслуговує кілька контейнерних поїздів між портами Північного (Гамбург, Бремерхафен, Роттердам), Адріатичного (Кoper, Трієст) і Чорного морів (Стамбул).

Проведений аналіз проектів країн Тримор'я демонструє, що вони спрямовані на захід задля інтеграції до Транс'європейської транспортної мережі, надто мало проектів спрямовані на схід, до України.

Проекти Тримор'я, в яких зацікавлена Україна

- Автомагістраль Via Carpatia.
- Автомобільна магістраль Via Baltica та залізниця Rail Baltica.
- Будівництво нового автомобільного мосту через Тису в районі Загоні.



Rис. 8. Схема проекту каналу Дунай – Ельба – Одер

- Контейнерний поїзд "Вікінг".
- Канал Дунай – Ельба – Одер.
- Стратегія ЄС для Дунайського регіону.
- Проект покращення судноплавства на Дунаї – цифрова платформа з моніторингу гідрографічних баз у регіоні Тримор'я (FAIR way).
- Впровадження інноваційних проектів (5G, SESAR, RIS, інтелектуальні транспортні системи, екологічна політика, нові джерела енергії).

Базова транспортна мережа України та індикативні проекти її розвитку представлені на рис. 9 [6].

Перелік пріоритетних проектів базової транспортної мережі України

1. Майданчики для стоянки та відпочинку водіїв уздовж автодоріг міжнародного значення: М-05, М-03, М-06.
2. Ковель – Ягодин – держкордон: модернізація залізничної дільниці з її подальшою електрифікацією.
3. Північний обхід м. Львова на автодорозі М-09.
4. Мукачево – Чоп – Загонь: організація залізничного сполучення.
5. Підбірці: реконструкція залізничних колій для підвищення швидкості руху поїздів.

6. Львів – Тернопіль: реконструкція автодороги М-09.

7. Обхід м. Тернополя: будівництво обходу як нової ділянки автодороги М-09 і М-12.

8. Реабілітація автодороги М-05 на ділянці в Черкаській області.

9. Нова тягова підстанція на залізничній станції Роздільна.

10. Впровадження електронної системи оплати проїзду автодорогами, систем WIM та автоматичного контролю швидкості руху.

11. Будівництво багаторівневих переїздів на перетинах автодоріг та залізничних шляхів на базовій мережі TEN-T.

12. Електрифікація ділянки Бердичів – Корostenь – Бережесьте (перший етап).

13. Збільшення пропускної спроможності на ділянці Гребінка – Полтава.

14. Капітальний ремонт автодороги М-03 на ділянці Валки – Харків.

15. Будівництво обходу м. Кременчука на автодороги М-22 і мосту через р. Дніпро.

16. Капітальний ремонт автодороги М-05 на ділянці Умань – Одеса.



Рис. 9. Базова транспортна мережа України в системі Транс'європейської транспортної мережі

17. Будівництво мосту на автодорозі М-14 через р. Південний Буг у м. Миколаєві.
 18. Аеропорт "Бориспіль": реконструкція льотної зони № 2 та будівництво нового вантажного термінала.
 19. Аеропорт "Львів": реконструкція аеродому, термінала А, будівництво нового вантажного термінала, реконструкція готелю, будівництво ангарів.
 20. Аеропорт "Одеса": завершення реконструкції термінала.
 21. Автомобільно-залізничний комплекс у порту "Чорноморськ", реконструкція причалів № 7–17.
 22. Концесія ДП "МТП Южний", реконструкція причалів № 5-8, проведення днопоглиблення.
 23. Завершення робіт в аеропорту "Харків".
 24. Концесія ДП "Херсонський морський торговельний порт".
 25. Концесія ДП "Морський торговельний порт "Ольвія"
 26. Реконструкція причалів у верхній, середній і нижній течіях р. Дніпро, роботи в судноплавному каналі.
- Щодо перспективних проектів, спрямованих на інтеграцію України до Транс'європейської транспортної мережі, доцільно запропонувати:
- 1) узгоджений розвиток та будівництво нових автомобільних прикордонних пунктів пропуску та під'їздів автодоріг до них;
 - 2) покращення взаємодії та обмін базами даних прикордонних та митних органів суміжних країн;
 - 3) обмін електронними базами даних національних електронних реєстрів автомобільних перевізників України та сусідніх країн ЄС;
 - 4) реконструкція Чорноморської автомобільної магістралі Україна – Молдова – Румунія – Болгарія – Туреччина;
 - 5) у перспективі – після проведення реформування залізничного транспорту перехід на європейську систему управління рухом поїздів (European Rail Traffic Management System – ERTMS);
 - 6) у перспективі – будівництво високошвидкісної залізниці європейської колії Київ – Львів – Мостищка-2 (кордон із Польщею)/Чоп (кордон зі Словаччиною/ Угорщиною).

Висновки

Транспортна політика Європейського Союзу спрямована на створення Єдиного європейського транспортного простору, що передбачає забезпечення інтероперабельності (технологічної суміс-

ності) транспортних систем нових і старих членів ЄС, модернізацію транспортної інфраструктури нових членів ЄС, формування єдиного інформаційного простору управління рухом за видами транспорту, покращення інформаційного обміну на прикордонних пунктах пропуску, впровадження альтернативних джерел енергії, зменшення антропогенного впливу транспорту на довкілля.

Аналіз проектів розвитку транспортної інфраструктури нових країн-членів ЄС (країн Тримор'я) свідчить про спрямування на інтеграцію на захід до Транс'європейської транспортної мережі, тоді як вкрай мало проектів з інтеграції на схід, в бік України.

За останнє десятиріччя відбулася переорієнтація транспортно-економічних зв'язків України: з Росії на Європейський Союз. ЄС став головним торговельним партнером нашої держави. Водночас адекватна прикордонна інфраструктура в Україні не була вчасно розбудована, технологічна сумісність залізничних систем відсутня, відчутна гостра нестача багатосторонніх дозволів для вантажного автотранспорту в системі ЄКМТ, координація митних та прикордонних органів із суміжними країнами ЄС – на низькому рівні. Це привело до того, що перетин кордону України з ЄС став найвужчим місцем вітчизняної транспортної системи. Тому Україна вкрай зацікавлена брати участь у розробці нових технологій та у проектах модернізації транспортної інфраструктури, узgodжених із суміжними країнами Євросоюзу.

Література

1. Новікова А. М. Україна в системі міжнародних транспортних коридорів – К., Національний інститут проблем міжнародної безпеки – 2003 – 497 с.
2. Новікова А. М., Теслюк Н. П. Розвиток Транс'європейської мережі: нові рішення Євросоюзу // Автошляховик України – №2 – 2006.
3. Регламент (ЄС) № 1315/2013 Європейського парламенту та Ради Європи від 11 грудня 2013 року Про настанови Євросоюзу щодо розвитку Транс'європейської транспортної мережі та скасування Рішення № 661/2010/ЄС//www. insat.org.ua.
4. Regulation (EU) No 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) No 913/2010 and repealing Regulations (EC) No 680/2007 and (EC) No 67/010/ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R1316.
5. http://three-seas.eu/wp-content/uploads/2018/09/LIST-OF-PRIORITY-INTERCONNECTION-PROJECTS-2018.pdf.
6. Робоча група з питань інфраструктури. Довідково-інформаційний документ// Підтримка органів влади України в розробці національної транспортної моделі та майстер-плану // EuropeAid/138734/DH/SER/UA – червень 2021 – 34 с.
7. Канал Одер-Дунай-Ельба: Чехія готовиться строїти одно из ответвлений// 5 жовтня 2020 //Facebook10 Twitter.

References

1. Novikova A. M. Ukrayina v systemi mizhnarodnykh transportnykh korydoriv – K., Natsional'nyy instytut problem mizhnarodnoi bezpeky – 2003 – 497 s.

2. Novikova A. M., Teslyuk N. P. Development Trans-European Network: new decision EU // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny – #2 – 2006.
3. Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU //www. insat.org.ua.
4. Regulation (EU) No 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) No 913/2010 and repealing Regulations (EC) No 680/2007 and (EC) No 67/010/
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R1316>.
5. <http://three-seas.eu/wp-content/uploads/2018/09/LIST-OF-PRIORITY-INTERCONNECTION-PROJECTS-2018.pdf>.
6. Robocha hrupa z pytan' infrastruktury. Dovidkovo-informatsiyny dokument// Pidtrymka orhaniv vladu Ukrayiny v rozrobsi natsional'noyi transportnoyi modeli ta mayster-planu // EuropeAid/138734/DH/SER/UA – cherven' 2021 – 34 s.
7. Kanal Oder-Dunay-El'ba: Chekhyya hotovyt-sya stroyt' odno yz otvetvlenyy// 5 oktyabrya 2020 //Facebook10 Twitter.

УДК 621.01

© М. Е. Тернок, докт. техн. наук, професор, e-mail: imisnet@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3485-8748
(Міжнародна академія наук і інноваційних технологій);
© О. М. Красноштан, канд. техн. наук,
e-mail: oalexander.krasnoshtan@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-9866-9930
(Національний транспортний університет)

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-11-14

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

КЛАСИФІКАЦІЯ ЧИННИКІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

CLASSIFICATION OF TRANSPORT SYSTEMS DEVELOPMENT FACTORS

Анотація. Запропонована класифікація чинників, що сприяють та протидіють розвиткові транспортних систем, визначені види дій, які можуть бути застосовані для спрямованого управління процесом. За класифікаційні ознаки прийнято характер впливу на процес розвитку, прояв у часі, відношення до суб'єктів системи та головні види субстанцій, що є основою цих суб'єктів.

Ключові слова: транспортна система, розвиток систем, фактори розвитку.

Abstract. The classification of the factors promoting and counteracting development of transport systems and the certain kinds of actions which can be applied for the directed management of process are proposed. The nature of the influence on the process of development, manifestation in time, attitude to the subjects of the system and the main types of substances that form the basis of these subjects are chosen as classification features.

Keywords: transport system, system development, development factors.

Аннотация. Предложена классификация способствующих и противодействующих развитию транспортных систем факторов и определены виды действий, которые могут быть применены для направленного управления процессом. В качестве классификационных признаков избран характер воздействия на процесс развития, проявление во времени, отношение к субъектам системы и основные виды субстанций, составляющих основу этих субъектов.

Ключевые слова: транспортная система, развитие систем, факторы развития.

Вступ

Значна кількість теоретичних і практичних задач аналізу, структурного моделювання, синтезу та оптимізації транспортних систем (ТС) може

бути розв'язана за досить розгалуженої та детальної класифікації цих систем. Наявна нині тематика передбачає класифікацію переважно за експлуатаційно-функціональними ознаками. Зо-

крема, виділяють системи за сферами застосування, призначенням, функціями, структурами та іншими критеріями [1, 2]. Це створює основу для організації системної діяльності транспортних засобів, формування ефективних систем управління та вирішення багатьох інших завдань. Водночас наявних видів класифікацій недостатньо для формалізованої постановки і розв'язання основних оптимізаційних задач розвитку ТС. Метою цієї статті є розробка класифікацій, придатних для використання.

Основна частина

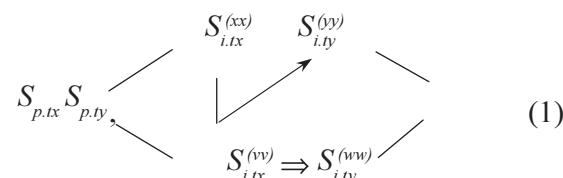
Будь-яку транспортну систему на етапі проектування розраховують на певний розвиток і протидію чинникам, що виникають усередині самої ТС та впливають на неї зовні. Також враховують можливість розширенням цільової або допоміжних функцій системи, зростання її першої похідної за часом-продуктивністю та можливість вживання управлінських дій, здатних підтримувати систему в динамічному гомеостазі. Саме ці положення створюють смислову основу для видлення, систематики і класифікації ТС та чинників, що на них впливають з точки зору процесів розвитку.

З огляду на те, що до цього часу на рівні категорій надзагального і загального не визначене чітке поняття розвитку [3, 4], для транспортних систем під розвитком можна розуміти зростання їхнього технічного рівня (Y_p). Тоді, керуючись характеристиками зміни Y_p , доцільно виділити такі види та підвиди ТС загалом за ознаками розвитку (табл. 1).

Для подальшої побудови ієархії класифікацій необхідне знання структурної побудови ТС, з якої витікають види і типи можливих чинників та закономірності взаємодії чинників тих видів, що

сприяють і протидіють розвиткові системи узгоджено з відповідними управлінськими діями. Це можна здійснити шляхом розгляду універсально-го моделювального блоку [5].

Універсальний моделювальний блок відображає цільові та вимушенні перетворення в системі з урахуванням впливу середовища:



де:

$S_{\xi,tm}^{(kk)}$, $\xi \in \{i, j\}$ – ξ -а система (підсистема) в момент часу tm , $m \in \{x, y\}$, стан якої відповідає верхньому індексу (kk) , $kk \in \{xx, yy, vv, ww\}$, S_p – середовище; подвійною горизонтальною стрілкою позначене цільове перетворення, а одинарною ламаною – вимушене, яке виникає внаслідок зміни ресурсу перетворювальної системи S_i за умови її дії на систему S_j , що перетворюється; одинарні похилі прямі відображають взаємодію системи (підсистеми) із середовищем. Залежність (1) відображає загальну структуру систем (підсистем), що взаємодіють, протягом двох фаз: початкової (індекси підсистем xx та vv), та кінцевої (індекси підсистем yy та ww). Для ТС загалом ця залежність отримана шляхом підстановки у відповідність кожній функції свого елемента, який її реалізує, з урахуванням знаходження у середовищі, з огляду на визначення системи. Зважаючи на третє визначення поняття системи [6], можна встановити можливість її застосування також для надсистеми і підсистем ТС.

Усі елементи системи (надсистеми, підсистем), що входять до моделі (1), є породжувача-

Таблиця 1

Види та підвиди транспортних систем за ознаками розвитку

Клас ТС	Найменування виду системи	Умова належності до підвиду
1	ТС, що розвиваються	$dY_p/dt > 0$:
1.1	ТС, що розвиваються прискорено	$dY_p/dt > 0$:
1.2	ТС, що мають сталий розвиток	$dY_p/dt > 0$:
1.3	ТС, що мають сповільнений розвиток	$dY_p/dt > 0$:
2	Консервативні ТС	$dY_p/dt = 0$:
3	ТС, що деградують	$dY_p/dt < 0$:
3.1	ТС, що деградують сповільнено	$dY_p/dt < 0$:
3.2	ТС, що деградують зі сталою швидкістю	$dY_p/dt < 0$:
3.3	ТС, що деградують прискорено	$dY_p/dt < 0$:

ми або носіями чинників, які можуть по-різному проявлятись у процесі розвитку як змінні системи в часі. Через це однією з класифікаційних ознак чинників має бути можливість прогнозування часу їхньої появи. Другою ознакою є належність чинника до системи чи її середовища. Третя ознака може відображати головну субстанцію, яку несе або змінює чинник. Ці ознаки є універсальними, відповідають усім ієрархічним рівням ТС.

Зважаючи на вказане та беручи до уваги спрямованість дії, можна створити загальну множину класифікацію видів чинників розвитку ТС (**табл. 2**).

Подальша класифікація чинників вимагає виділення їхніх типів. Це можна виконати, розподіливши суб'єкти (підсистеми) ТС на складові. Для ТС такими складовими у загальному вигляді є люди (фахівці та пасажири) і технічні засоби, що належать до підсистем $S_{\xi_m}^{(kk)}$, $\xi \in \{i, j\}$, які формують відповідні типи чинників.

У найбільш загальному вигляді можна виділити три типи чинників за критерієм впливу на характеристики зміни Y_p : прискорювачі розвитку, нейтральні та сповільнювачі розвитку.

Прискорювачі надають ТС речовинні, енергетичні, інформаційні або комплексні ресурси відповідно до 4-го виду (**табл. 2**) основних субстанцій розвитку. Ці чинники є цільовими і здебільшого плановими.

Нейтральні чинники реалізують допоміжні функції ТС і, за визначенням, на зміну Y_p не впливають.

Чинники, що сповільнюють розвиток, можуть протидіяти (гальмувати, зменшувати можливості виконувати цільову функцію) розвиткові ТС. Це не детерміновані і не планові чинники, вони можуть мати систематичну і стохастичну природу. Поява останніх у часі не є прогнозованою.

Реальні ТС на початку розвитку перебувають під впливом систематичних і стохастичних стримувальних чинників. Систематичні чинники поступово детермінуються, а їхня сповільнювальна дія компенсується чи нейтралізується. Для зменшення або повної ліквідації негативного впливу чинників стохастичної природи вживають оперативних управлінських дій, що забезпечують адаптацію ТС до нових умов функціонування.

Проектування системи виконується із певним запасом ресурсів, якими і нейтралізуються (компенсиуються) чинники, що сповільнюють розвиток. Разом із тим, за умови подальшого розвитку ТС рано чи пізно проявляться так звані "вузькі місця" внаслідок того, що на етапі проектування система розраховувалась на нижчі, ніж стали у процесі розвитку, показники. Це вимагає "розширення" цих місць.

Після "розширення вузьких місць", через зменшення ресурсу та підходу до межі дії природних (фізичних, хімічних, біологічних) чи соціа-

Таблиця 2

Загальна множинна класифікація видів і підвидів чинників розвитку транспортних систем

Ознака виду чинника	Клас виду	Характеристика чинника	Підклас – підвид
Спрямованість дії	1	Прискорює розвиток	1.1
		Нейтральний до процесу розвитку	1.2
		Спovільнює розвиток	1.3
Прогнозованість прояву в часі	2	Систематичний (регулярний)	2.1
		Стохастичний	2.2
Належність до суб'єктів системи	3	Внутрішній	3.1
		Зовнішній	3.2
Вид основної (цільової) субстанції, що змінює чинник	4	Речовина	4.1
		Енергія	4.2
		Інформація	4.3
		Речовина й енергія	4.4
		Речовина й інформація	4.5
		Енергія та інформація	4.6
		Речовина, енергія та інформація	4.7

льних обмежень подальший розвиток системи стає неможливим. Необхідна перебудова ТС для виконання нових завдань.

У табл. 3 наведена класифікація чинників протидії розвитку, заходів, що їх нейтралізують або компенсують, ієрархічні рівні та види підсистем, що протидіють.

Як видно із наведених даних, негативний вплив недетермінованих систематичних чинників та чинників стохастичної природи компенсус сама система завдяки внутрішнім резервам на основі рішення підсистеми управління. Для "розшивання вузьких місць" внутрішніх ресурсів системи зазвичай недостатньо. Через це потрібна дія надсистеми. Якщо ресурсів достатньо, рішення про модернізацію ТС може прийняти її підсистема управління. Рішення про перебудову системи на підхід до межі природних або соціальних обмежень приймає сама система або надсистема.

Висновки

Транспортні системи можуть класифікувати за ознаками, що характеризують їхній розвиток. Серед основних ознак, які дозволяють сформувати відповідні класифікаційні рубрики, виділяють ті, що визначають спрямованість дії чинників, характер прояву в часі, належність до суб'єктів системи й середовища, ті, що відносяться до носіїв субстанції та інші.

Існує взаємозв'язок між чинниками сприяння і протидії розвитку транспортних систем та структурою управлінських дій, яких необхідно вживати для збереження процесу розвитку чи посилення його темпів.

Подальші дослідження доцільно здійснити щодо виявлення і конкретизації кількісних характеристик впливу чинників певних класів на темпи розвитку транспортних систем різних видів.

Література

1. Тернюк Н. Э. Структура теории транспортных систем / Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління. Матеріали 10-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної школи-конференції/ Х. Українська Асоціація "Жінки в науці та освіті", Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. 2010, с. 83-87.
2. Зараковский Г. М., Попов В. В. Закономерности функционирования эргатических систем – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
3. Тернюк Н. Э., Авдеенко Е. В. Особенности современного состояния комплексов научных и учебных дисциплин "Техноведение" / Новый коллегиум. (Научный информационный журнал Проблемы высшего образования) – 2006, №2, с. 18-23.
4. Попкова Н. В. Философия техносфера – М.: Издательство ЛКИ. 2008. – 544 с.
5. Беловол А. В. Обеспечение производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе синтеза структур технологических систем: дис... кандидата техн. наук: 05.02.08/ Беловол Анна Владимировна. – Харьков, 2011. – 194 с.
6. Щедровицкий Г. П. Избранные труды / Г. П. Щедровицкий. – М.: Шк. Культ. Полит., 1995. – 800 с.

References

1. Ternyuk N. E. Struktura teoryy transportnykh system./ Suchasni problemy humanizatsiyi ta harmonizatsiyi upravlinnya. Materialy 10-yi Mizhnarodnoyi mizhdystsyplinarnoyi naukovo-praktychnoyi shkoly-konferentsiyi/ Kh. Ukrayins'ka Asotsiatsiya "Zhinky v nautsi ta osvit'i", Kharkiv's'kyj natsional'nyy universytet im. V. N. Karazina. 2010, s. 83-87.
2. Zarakovskyy H. M., Popov V. V. Zakonomernosty funktsyonyrovanyya erhatycheskykh system – M.: Radyo y svyaz', 1987. – 232 s.
3. Ternyuk N. E., Avdeenko E. V. Osobennosty sovremennoho sostoyanyya kompleksov nauchnykh y uchebnykh dystsyplyn "Tekhnovedeny" / Novyy kollehyum (Nauchnyy ynformatsyonny zhurnal Problemy vyssheho obrazovaniya) – 2006, #2, s. 18-23.
4. Popkova N. V. Fylosofyya tekhnosfery – M.: Yzdatel'stvo LKY. 2008. – 544 s.
5. Belovol A. V. Obespechenye proyzvodytel'nosty mnohonomenklaturnykh mekhanaobrabatlyvayushchychykh proyzvodstv na osnove synteza struktur tekhnolohycheskykh system: dys... kandydata tekhn. nauk: 05.02.08/ Belovol Anna Vladymirovna. – Khar'kov, 2011.– 194 s.
6. Shchedrovitskyy H. P. Yzbrannye trudy / H.P. Shchedrovitskyy – M.: Shk.Kul't.Polit., 1995. – 800 s.

Таблиця 3

Класифікація чинників протидії розвитку та заходів, що їх нейтралізують або компенсують

Клас чинника	Чинники протидії розвитку ТС	Заходи протидії	Ієрархічний рівень і вид підсистеми, що протидіє
1	Систематичні недетерміновані чинники	Детермінація і компенсація ресурсами ТС	Підсистема управління ТС
2	Чинники стохастичної природи	Адаптація ТС	Підсистема управління ТС
3	"Вузькі місця"	Реконструкція (modернізація) ТС для "розшивання вузьких місць"	Надсистема або підсистема управління ТС
4	Фізичні (хімічні, біологічні) або соціальні обмеження	Перебудова ТС	Надсистема або підсистема управління ТС

УДК 629.3.016.8

© С. І. Андрусенко, канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: sergeandrusenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9914-0200;
© В. Б. Будниченко, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: budnvb@i.ua, ORCID: 0000-0002-1235-3781;
© В. С. Подіснов, старший викладач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: vpodpisnov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8583-1502
(Національний транспортний університет)

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-15-21

© Serhiy Andrusenko, Candidate of Technical Science (PhD), Professor, Head of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Servicing, e-mail: sergeandrusenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9914-0200;
© Valeriy Budnychenko, Candidate of Technical Science (PhD), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Servicing, e-mail: budnvb@i.ua, ORCID: 0000-0002-1235-3781;
© Vladyslav Podpisnov, Senior Lecturer of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Servicing, e-mail: vpodpisnov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8583-1502 (National Transport University)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ У ТРОЛЕЙБУСАХ ІЗ ЧАСТКОВИМ АВТОНОМНИМ ХОДОМ

OPTIMIZATION OF TROLLEYBUS TRACTION BATTERY PARAMETERS WHEN PARTIAL AUTONOMOUS RUNNING

Анотація. У статті викладена методика визначення оптимальної емності тягової акумуляторної батареї (ТАБ) тролейбуса з автономним ходом залежно від відносної частини руху на маршруті без контактної мережі. Показано, що мінімальна емність ТАБ E_{tab} має бути такою, щоб забезпечити рух тролейбуса на ділянці без контактної мережі. За таких умов існує значення відносної частини маршруту без контактної мережі, за якого ТАБ може повністю зарядитись від мережі під час руху ділянкою з мережею. Далі протягом збільшення відносної частини маршруту без контактної мережі ТАБ тролейбуса потребує підзаряджання або в кінці маршруту, або після закінчення зміни в депо чи в пункті відстою та відповідного збільшення необхідної емності ТАБ на величину недозарядження. У такому разі може бути економічно вигіднішим заряджати ТАБ із використанням нічного тарифу, який зазвичай значно менший за денній. Визначено, що з урахуванням вартості електроенергії на рух у разі заряджання ТАБ за нічним тарифом використання електробуса може бути економічно доцільнішим порівняно із тролейбусом з автономним ходом, особливо за повної відсутності контактної мережі. Ця методика не враховує втрат енергії відповідно до чинників кліматичних умов експлуатування, коефіцієнта корисної дії пристрой заряджання і пов'язаного автоматичного регулювання, конструкційної можливості рекуперації енергії на маршруті, завантаженості тролейбуса впродовж робочої зміни, що потребує окремого дослідження. Результати цього дослідження можуть бути використані під час постановлення на виробництво тролейбусів із можливістю автономного ходу.

Ключові слова: електроенергія, тролейбус з автономним ходом, тягова акумуляторна батарея, тарифи, економічна доцільність, електробус.

Аннотация. В статье изложена методика определения оптимальной емкости тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) троллейбуса с автономным ходом в зависимости от доли маршрута без контактной сети. Показано, что минимальная емкость ТАБ E_{tab} должна быть такой, чтобы обеспечить движение троллейбуса на участке без контактной сети. При этом существует такое значение доли маршрута без контактной сети, при которой ТАБ может полностью зарядиться от сети во время движения по участку с сетью. Далее при увеличении доли маршрута без контактной сети ТАБ троллейбуса нуждается в подзарядке или в конце маршрута, или после окончания смены в депо либо на пункте отстоя и соответствующего увеличения необходимой емкости ТАБ на величину недозарядки. В таком случае экономически более выгодным может быть зарядка ТАБ с использованием ночной тарифа, который обычно значительно меньше, чем дневной. Определено, что с точки зрения стоимости электроэнергии на движение при зарядке ТАБ по ночной тарифу использование электробуса может быть экономически более выгодным по сравнению с троллейбусом с автономным ходом, особенно при полном отсутствии контактной сети. Данная методика не учитывает потерь энергии в соответствии с факторами климатических условий эксплуатации, коеффициента полезного действия зарядных устройств и автоматического регулирования, конструкционную возможность рекуперации энергии на маршруте, загруженность троллейбуса на протяжении рабочей смены, что требует отдельного исследования. Результаты данного исследования могут быть использованы при постановке на производство троллейбусов с автономным ходом.

Ключевые слова: электроэнергия, троллейбус с автономным ходом, тяговая аккумуляторная батарея, тарифы, экономическая целесообразность, электробус.

Abstract. The article describes the method of determining the optimal capacity of the traction battery of a trolleybus with autonomous travel depending on the share of the route without a catenary. In modern cities, there is often a situation in which on some sections of trolleybus routes for various reasons there is no contact network for trolleybus traffic. The solution to the problem of ensuring the movement of trolleybuses on such routes may be the use of autonomous trolleybuses, which use the energy of the traction battery (TAB). The battery may be partially or fully recharged while the trolleybus is running on mains power. In case of incomplete charging of the battery while driving on the route, the TAB can receive a full charge during the sludge of the trolleybus in the park after the change at the night rate, which is usually less than the day rate for electricity. The optimal capacity of the traction battery in such conditions corresponds to the minimum cost of energy and equipment for trolleybus traffic, depends on the size of the route without a catenary, the physical capacity of the network to charge the battery, and the ratio of day and night electricity tariffs. Determining the optimal capacity of TAB for operation on routes where there is no contact network is an important task. The article shows that the minimum capacity of the TAB E_{min} should be such as to ensure the movement of the trolleybus on the site without a catenary. In this case, there is a value of the share of the route without a catenary, at which the TAB can be fully charged from the network when moving on the section with the network. Further, when increasing the share of the route without a catenary, the TAB of the trolleybus needs to be recharged either at the end of the route or after the change in the depot or sludge point and a corresponding increase in the required capacity of the TAB by the amount of undercharging. In this case, it may be more cost-effective to charge the TAB using the night rate, which is usually much lower than the day rate. It is determined that in terms of the cost of electricity per movement when charging TAB at the night rate, the use of an electric bus can be more cost-effective compared to an autonomous trolleybus, especially in the complete absence of a catenary. The method does not take into account energy losses in accordance with the factors of operation climatic conditions as well as the efficiency of chargers and associated automatic control, the design possibility of energy recovery on the route, the load of the trolleybus during the work shift, which requires a separate study. The results of the article can be used when autonomous trolleybuses production. Projected assumptions about the development of the object of study – further research should be aimed at a detailed study of the impact of all components of the vehicle on the cost of its operation in different conditions.

Keywords: electricity, autonomous trolleybus, traction battery, tariffs, economic purpose, electrobus.

Вступ

У сучасних містах поширилося є ситуація, за якої на деяких ділянках тролейбусних маршрутів з різних причин відсутня контактна мережа для руху тролейбуса. Вирішенням проблеми забезпечення руху тролейбусів на таких маршрутах може бути застосування тролейбусів з автономним ходом, які використовують для руху енергію тягової акумуляторної батареї (ТАБ). Батарея частково або повністю може підзаряджатись під час руху тролейбуса з живленням від контактної мережі. У разі неповного заряджання батареї на маршруті ТАБ може отримувати повний заряд під час відстою тролейбуса в парку після зміни. У нічний період між змінами заряджання батареї може здійснюватися за нічним тарифом, який зазвичай є меншим за денний тариф на електроенергію. Оптимальна ємність тягової батареї за таких умов відповідає мінімуму вартості енергоресурсів та обладнання для руху тролейбуса й залежить від величини відносної частини маршруту без контактної мережі, фізичних можливостей мережі за струмом заряджання батареї та співвідношення денного і нічного тарифів на електроенергію. Тому визначення оптимальної ємності ТАБ для експлуатації на маршрутах, де частково відсутня контактна мережа, є важливим завданням.

Аналіз відомих нам публікацій показав, що питанню визначення необхідної ємності ТАБ для гібридних транспортних засобів, до яких можна віднести тролейбуси з автономним ходом, присвячена певна кількість робіт. Так, у роботі [1] проведений аналіз енергетичних установок рухомого

складу міського безрейкового пасажирського транспорту. Досліджена залежність енергоємності буферного електричного накопичувача від потужності первинного джерела енергії в гібридних транспортних засобах (ГТЗ). Показано, що в рухомому складі міського транспорту найбільш ефективним рішенням є використання установок послідовної схеми. Запропонована методика визначення залежності буферного накопичувача енергії від потужності первинного джерела енергії.

У роботі [2] виконано порівняльний аналіз енергоспоживання різних типів безрейкового пасажирського транспорту, таких як тролейбус та електробус. Розглянуто ефективність таких схем живлення, як тролейбуса від контактної мережі та електробуса з накопичувачами електричної енергії різної ємності із заряджанням між змінами у депо, на маршруті на кінцевих зупинках та з підзарядкою на кожній зупинці. Показано, що найбільш енергоефективним є використання електробуса із зарядкою накопичувачів на кінцевих зупинках. Тролейбусні маршрути з частковим автономним ходом не розглянуті.

Також питання експлуатації електробусів та тролейбусів із динамічним підзаряджанням тягових акумуляторних батарей висвітлені в роботах [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Але дослідження, присвячені оптимізації параметрів тягової ТАБ тролейбусів з автономним ходом у разі заряджання батареї під час живлення від контактної мережі, нам невідомі.

Метою цього дослідження є визначення оптимальної ємності тягової акумуляторної батареї тролейбуса під час руху на маршруті, певна частина якого не має контактної мережі, та за умо-

ви заряджання батареї як від контактної мережі під час руху на маршруті за денним тарифом на електроенергію, так і під час відстою тролейбуса вночі в парку – за нічним тарифом.

Основна частина

Для оптимізації параметрів ТАБ тролейбуса з автономним ходом складемо рівняння енергетичного балансу транспортного засобу.

На маршруті з частковою відсутністю контактної мережі під час руху на ділянці з контактною мережею тролейбус отримує від неї обсяг енергії $e_{pyx,mer}$, що витрачається на рух за один обіг маршруту

$$e_{pyx,mer} = H_0 \cdot M_{mp} \cdot (1-\chi) \cdot l_m, \text{ кВт-год}, \quad (1)$$

$$\chi = l_{av}/l_m, \quad (2)$$

де:

H_0 – технологічна норма витрати електроенергії на електроурухомлення тролейбуса, кВт-год/1000 ткм ($V_{mp} = 16$ км/год для ЗиУ-682) [10, 11];

M_{mp} – маса тролейбуса, m ;

χ – відносна частина маршруту без контактної мережі;

l_{av} , l_m – відповідно довжина маршруту без контактної мережі та загальна довжина маршруту, км.

Обсяг $e_{maob,mer}$, що відбирають із контактної мережі для заряджання тягової акумуляторної батареї під час руху від контактної мережі за один обіг маршруту, становить: якщо $e_{maob,mer}$ менше E_{maob} , то

$$e_{maob,mer} = U \cdot I_{maob} \cdot (1-\eta) \cdot l_m / (V_{mp} \cdot \eta_{maob}), \text{ кВт-год}; \quad (3)$$

якщо $e_{maob,mer}$ більше E_{maob} , то

$$e_{maob,mer} = E_{maob},$$

де;

E_{maob} – ємність ТАБ, кВт-год;

U – напруга заряджання ТАБ, В;

I_{maob} – струм заряджання ТАБ, А;

V_{mp} – середня швидкість руху тролейбуса на маршруті, $V_{mp} = 16$ км/год [10];

η_{maob} – коефіцієнт корисної дії ТАБ (відношення кількості відданої енергії до отриманої під час заряджання).

На ділянці маршруту без контактної мережі на урухомлення тролейбуса за один обіг маршруту витрачають енергію ТАБ. Її обсяг дорівнює

$$e_{pyx,maob} = H_0 \cdot M_{mp} \cdot \chi \cdot l_m, \text{ кВт-год}. \quad (4)$$

Мінімально необхідну ємність ТАБ, яку частково або повністю підзаряджають від мережі під час руху тролейбуса, визначимо з тих міркувань, що ТАБ має забезпечити рух тролейбуса на ділянці без контактної мережі і також мати достатній запас енергії для компенсування нестачі енергії у ТАБ, якщо остання не повністю заряджається за умови живлення від контактної мережі (надто велика відносна частина маршруту на автономний хід). У разі недозарядження ТАБ має такий запас енергії, щоб забезпечити роботу тролейбуса протягом зміни. Необхідний обсяг енергії може бути повністю заряджанням під час відстою тролейбуса вночі.

Мінімально необхідну ємність ТАБ можна розрахувати, базуючись на такому принципі. Якщо за один обіг маршруту різниця між енергією, спожитою під час руху від ТАБ $e_{pyx,maob}$ (рівняння 4), та енергією, яка може бути отримана під час руху від мережі $e_{maob,mer}$ (рівняння 3), негативна ($\Delta_e = e_{pyx,maob} - e_{maob,mer} \leq 0$ приймається $\Delta_e = 0$), то мінімально необхідна ємність ТАБ має дорівнювати обсягу енергії, необхідної для подолання частини маршруту без контактної мережі. У такому разі батарею заряджають повністю на маршруті із живленням від контактної мережі під час руху.

$$E_{min,maob} = H_0 \cdot M_{mp} \cdot \chi \cdot l_m. \quad (5)$$

Інакше, якщо $\Delta_e > 0$, під час руху від контактної мережі мінімальна ємність ТАБ має бути збільшена на частину недозарядження ТАБ Δ_e за $(n-1)$ обігів

$$E_{min,maob} = H_0 \cdot M_{mp} \cdot \chi \cdot l_m + \Delta_e \cdot (n-1), \quad (6)$$

де:

n – кількість обігів тролейбуса на маршруті за добу.

За цих обставин кількість електроенергії $E_n = \Delta_e \cdot n$ акумуляторна батарея може отримувати під час підзаряджання вночі після зміни за нічним тарифом T_n .

У разі експлуатації літій-іонних батарей для забезпечення найбільшого терміну використання пропонують, щоб ТАБ не розряджалася менше ніж до 20–30% своєї ємності і заряджалася не більше ніж до 80–90% [12, 13]. За таких умов ємність ТАБ використовують приблизно на 50%. Тому приймемо, що мінімально необхідна оптимальна ємність ТАБ має бути приблизно вдвічі більша за розрахункову:

$$E_{\text{общ}} = 2E_{\text{min,раб}} \quad (7)$$

Загальний обсяг електроенергії, необхідний для виконання перевезень протягом доби, дорівнює сумі енергії, витраченої на рух тролейбуса від контактної мережі, енергії на зарядку акумулятора від мережі під час руху, енергії на зарядку акумулятора у міжзмінний період у разі потреби:

$$E_{\text{общ}} = (e_{\text{рух,мер}} + e_{\text{рух,раб}}) \cdot n = H_0 M_{\text{раб}} \cdot l_m \cdot n. \quad (8)$$

Вартість електроенергії, витраченої на урухомлення тролейбуса, згідно з денним і нічним тарифом та вартістю електроенергії ТАБ, дорівнює

$$\text{Var}_{\text{ел}} = ((e_{\text{рух,мер}} + e_{\text{рух,раб}} - \Delta_e) \cdot T_d + e_{\text{рух,раб}} \cdot T_{\text{раб}} + \Delta_e \cdot T_n) \cdot n, \quad (9)$$

де:

T_d , T_n – відповідно денний та нічний тарифи на електроенергію для промислових об'єктів; $T_{\text{раб}}$ – вартість однієї кВт-год електроенергії, отриманої від ТАБ.

$T_{\text{раб}}$ може бути визначена за рівнянням

$$T_{\text{раб}} = \text{Var}_{\text{раб}} / (E \cdot K_{\text{цикл}}), \quad (10)$$

де

$\text{Var}_{\text{раб}}$, E, $K_{\text{цикл}}$ – відповідно вартість, ємність та кількість циклів роботи ТАБ.

Проведений розрахунок витрат електроенергії та мінімально необхідної ємності ТАБ $E_{\text{min,раб}}$ для урухомлення тролейбуса на маршрутах з різною відносною частиною автономного ходу χ . Дані розрахунку (на прикладі застосування літій-нікель-манган-кобальт-оксидної (NMC) ТАБ) зведені в **табл. 1** та проілюстровані графіком на **рис. 1**.

Із проведених розрахунків видно, що мінімально необхідна ємність ТАБ $E_{\text{min,раб}}$ залежить від довжини маршруту та відносної частини маршруту без контактної мережі χ , характеристик тролейбуса та пристрою для заряджання ТАБ. Мінімальна ємність ТАБ має бути такою, щоб забезпечити рух тролейбуса на ділянці без контактної мережі. За цих умов існує таке значення відносної частини маршруту без контактної мережі, за якого ТАБ може повністю зарядитись від мережі під час руху ділянкою з контактною мережею. Про це свідчать дані рядків 24, 25 **табл. 1**, з яких видно, що до відносної частини маршруту $\chi = 0,3$ ТАБ не потребує дозаряджання після проходження маршруту ($\Delta E = 0$). Необхідна ємність ТАБ за

Таблиця 1

Розрахунок витрат електроенергії та мінімально необхідної ємності ТАБ під час руху тролейбуса на маршрутах із різною відносною частиною автономного ходу

	Д	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л
1												
2												
3	Частка маршруту без контактної мережі	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
4	Довжина маршруту (по колу), км	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
5	Кількість обертов на маршруті за добу	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
6	Питома витрата електроенергії на рух, кВтгод/к	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
7	Тариф для споживачів II клас напруги, грн/кВтгод	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508	2,229508
8	Тариф на електроенергію денний, грн/кВтгод	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358	3,0098358
9	Тариф на електроенергію нічний, грн/кВтгод	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278	0,7803278
10	Середньодобовий пробіг тролейбуса, км	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
11	Середня щандарт руху на маршруті, км/год	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12	Вартість тягової АБ, грн	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
13	Ємність тягової АБ, кВтгод	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	Кількість циклів роботи,	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
15	Коефіцієнт втрат енергії в АБ	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
16	Потужність зарядного пристроя АБ, кВт	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
17	Частка маршруту без контактної мережі	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
18	$\text{Var}_{\text{ел}} = H_0 M_{\text{раб}} \cdot (1-\chi) \cdot I_{\text{раб}}$	31,20	28,08	24,96	21,84	18,72	15,60	12,48	9,36	6,24	3,12	0,00
19	$\text{e}_{\text{раб,мер}} = U \cdot I_{\text{раб}} \cdot (1-\chi) \cdot I_{\text{раб}} / (V_{\text{рп,раб}})$	18,52	16,67	14,81	12,96	11,11	9,26	7,41	5,56	3,70	1,85	0,00
20	$e_{\text{рух,раб}} = H_0 M_{\text{раб}} \cdot \chi \cdot I_{\text{раб}}$	0	3,12	6,24	9,36	12,48	15,6	18,72	21,84	24,96	28,08	31,2
21												
22												
23												
24	$\Delta E = e_{\text{рух,раб}} - \text{e}_{\text{раб,мер}} \leq 0$ приймається $\Delta E = 0$	-18,52	-13,55	-8,57	-3,60	1,37	6,34	11,31	16,28	21,26	26,23	31,20
25	Якщо $\Delta E = e_{\text{рух,раб}} - \text{e}_{\text{раб,мер}} \leq 0$ приймається $\Delta E = 0$	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	6,34	11,31	16,28	21,26	26,23	31,20
26	Дозарядка після зміни ΔE	0,00	0,00	0,00	0,00	18,69	63,41	113,13	162,84	212,54	262,28	312,00
27	Мінімальна потрібна ємність ТАБ	0,00	3,12	6,24	9,36	24,80	72,67	120,53	168,40	216,27	264,13	312,00
28	Електроенергія на рух від ТАБ за добу	0	31,2	62,4	93,6	124,8	156	187,2	218,4	249,6	280,8	312
29	Електроенергія на рух від мережі за добу	312,00	280,80	249,60	218,40	187,20	156,00	124,80	93,60	62,40	31,20	0,00
30	Витрата електроенергії за добу	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00	312,00
31	Вартість спожитої електроенергії за добу, грн	939,07	941,15	943,23	945,31	946,87	948,10	949,33	950,57	951,80	973,03	964,26
32	Вартість дозарядки за нічним тарифом, грн	0,00	2,08	4,16	6,24	8,32	10,40	12,48	14,56	16,64	18,72	20,80

таких умов визначається рівнянням (5). Далі, якщо $\chi > 0,3$, ТАБ тролейбуса потребує підзаряджання або в кінці маршруту, або після закінчення зміни в депо чи в пункті відстою. Необхідна ємність ТАБ у такому разі визначається рівнянням (6). Другий варіант може бути вигіднішим економічно, якщо заряджати ТАБ із використанням нічного тарифу, який зазвичай значно менший за денний. Але це питання потребує окремого вивчення з урахуванням вартостей ТАБ різної ємності та параметрів тролейбуса.

Сказане вище проілюстровано графіками на рис. 1.

Із графіків видно, що загальна кількість електроенергії під час руху маршрутом за добу залишається незмінною незалежно від відносної частини маршруту без контактної мережі. Така витрата визначається технологічною нормою витрати електроенергії на електротягу тролейбуса та його пробігом за добу і може бути розрахована за рівнянням (8). Також графік демонструє, що зі зростанням відносної частини маршруту без контактної мережі від 0 до 1 кількість спожитої на рух електроенергії від мережі зменшується до нуля. Таке зменшення компенсується відповідним збільшенням споживання електроенергії на рух від ТАБ.

У цьому балансі не бере участі кількість електроенергії, що йде на заряджання ТАБ під час руху від мережі та після зміни, яка компенсує витрати електроенергії батареї під час руху (рівняння 3).

Також показані графіки залежності від χ мінімально необхідної ємності ТАБ та кількості електроенергії, що потрібна для компенсації недозаряджання ТАБ від контактної мережі під час відстою після зміни. Із графіка видно, що необхідність у підзаряджанні після зміни та відповідного збільшення ємності ТАБ виникає зі зростанням потреби в автономному ході, якщо $\chi > 0,3$.

Необхідно зауважити, що за $\chi = 1$ контактна мережа на маршруті відсутня і тролейбус переворюється на електробус.

На рис. 2 показані залежності вартості спожитої на рух електроенергії з урахуванням денного та нічного тарифів, а також вартість електроенергії, отриманої від ТАБ (рівняння 9 та 10) від відносної частини маршруту без контактної мережі. Вартість енергії від ТАБ залежить від ціни батареї, її ємності та кількості циклів роботи (10), і загалом за даних умов незначна.

Вартість електроенергії на дозаряджання за нічним тарифом збільшується пропорційно до

кількості такої енергії зі збільшенням автономного ходу тролейбуса.

Водночас загальна вартість електроенергії на рух тролейбуса з автономним ходом за добу залишається незмінною у межах $\chi = 0 \dots 0,3$, а потім починає зменшуватись, що викликано впливом меншої величини нічного тарифу та збільшенням частки енергії, отриманої після зміни за нічним тарифом.

Аналіз графіків також дозволяє зробити припущення, що стратегія заряджання тягових бата-

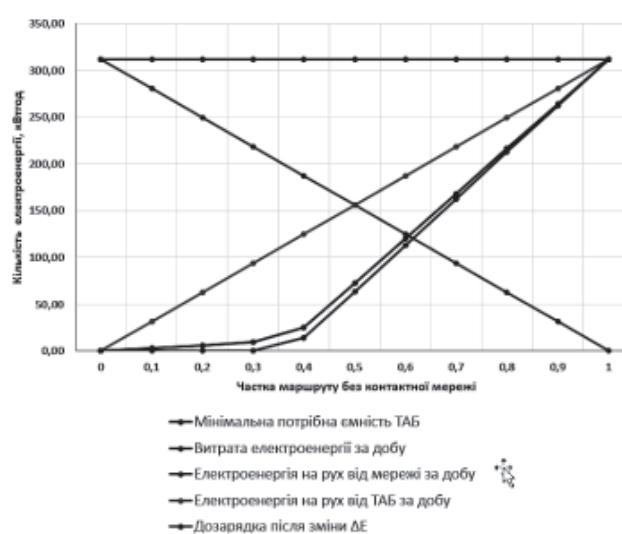


Рис. 1. Залежність мінімально необхідної ємності ТАБ та енергоспоживання тролейбусом з автономним ходом за різних значень відносної частини маршруту без контактної мережі

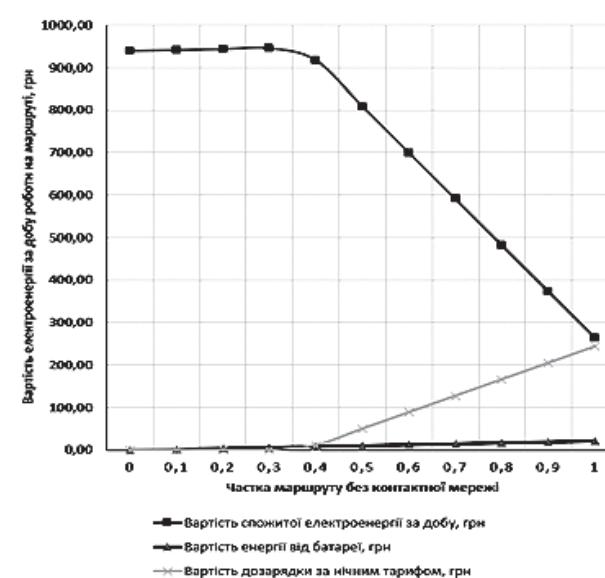


Рис. 2. Залежність вартості спожитої на рух енергії тролейбусом з автономним ходом від відносної частини маршруту без контактної мережі

рей за нічним тарифом є економічно вигіднішою за потреби в значному автономному ході транспортного засобу. Тобто, з точки зору вартості електроенергії на рух, використання електробуса може бути економічно доцільнішим порівняно з тролейбусом з автономним ходом.

Висновки

Запропоновано методику визначення оптимальної ємності тягової акумуляторної батареї тролейбуса з автономним ходом залежно від відносної частини маршруту без контактної мережі.

Показано, що мінімально необхідна емність ТАБ залежить від довжини маршруту та відносної його частини без контактної мережі, характеристик тролейбуса та пристрою для заряджання ТАБ. Мінімальна емність ТАБ має забезпечити рух тролейбуса на ділянці без контактної мережі. За цих умов існує таке значення відносної частини маршруту без контактної мережі, за якої ТАБ може повністю зарядитись від мережі під час руху ділянкою з контактною мережею. Далі у разі збільшення відносної частини маршруту без контактної мережі ТАБ тролейбуса потребує дозаряджання або в кінці маршруту, або після закінчення зміни в депо чи пункті відстою та відповідного збільшення необхідної емності ТАБ на величину недозарядки. За цих умов може бути економічно доцільнішим заряджати ТАБ із використанням нічного тарифу, який зазвичай значно менший за денній.

Подальше дослідження має бути спрямоване на детальне вивчення впливу всіх компонентів транспортного засобу на вартість його експлуатації за різних умов.

Література

1. Ярославцев М. В. Энергоэффективный тяговый привод городского безрельсового транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Новосибирск, 2016. 157 с.

2. Хрипач Н. А., Шустров Ф. А., Петриченко Д. А. Анализ эффективности энергопотребления безрельсового пассажирского транспорта на базе тягового электропривода // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15724> (дата обращения: 11.01.2021).

3. Гуртовий М. Ю., Попов С. В. Моделювання та оптимізація параметрів електромобілів з комбінованими режимами енергоживлення. Young Scientist. Харківський національний університет радіоелектроніки. 2016. № 5 (32).

4. Строганов В. И. Повышение эксплуатационных характеристик электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой: дис. ... д-ра техн. наук: 05.09.03. МАДИ-СамГТУ. 2014. 356 с.

5. Электробус с подзарядкой в движении. Википедия: веб-сайт. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0% B1%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0% B4%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1>

%F%D%0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%B2_%D0%BA%D0%
B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B8
(дата обращения: 09.06.2021).

6. Электробус с динамической подзарядкой. Цикlopedia: веб-сайт. URL: http://cyclowiki.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81_%D1%81_%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B9 (дата обращения: 09.06.2021).

(дата обращения: 09.06.2021).

7. Развитие сети электробусов с динамической зарядкой: веб-сайт СПб ГУП "Горэлектротранс". URL: https://www.electrotrans.spb.ru/rазвитие_сети_elektrobusov_s_dinamicheskoy_zaryadkoj (дата обращения 09.06.2021).

8. В Одессе запустили на линию первый электробус с динамической подзарядкой. Пассажирский транспорт: веб-сайт. URL: <https://traffic.od.ua/news/eltransua/1220032> (дата обращения: 10.03.2021).

9. Технологические нормы расхода электроэнергии на электротяготу трамвайных вагонов и троллейбусов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157446/f6a5ffb120a9c70ea4b6b87eef8e3f6cf53da11b/ (дата обращения: 10.03.2021).

10. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0353-20?lang=en#Text> (дата звернення: 10.03.2021).

звернення: 10.05.2021).

11. Как продлить срок службы батареи автомобиля.
ЭкоТехника: веб-сайт. URL: <https://ecotechnica.com.ua/transport/4823-kak-prodlit-srok-sluzhby-batarei-elektromobilya-5-pravil-ot-hyundai-sovsem-ne-slozhnykh.html> (дата обращения: 11.01.2021).
12. Советы по эксплуатации электромобиля и продлению срока службы батареи. HEVCars: веб-сайт. URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/kak-prodlit-srok-sluzhby-batarei-elektromobilya/> (дата обращения: 11.01.2021).

References

6. Elektrobus s dinamicheskoy podzaryadkoj. Cziklopediya. Available at: http://cyclowiki.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%81_%D1%81_%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B9 (accessed 09.06.2021) [in Russian].
7. Razvitie seti elektrobusov s dinamicheskoy zaryadkoj. Available at: https://www.electrotrans.spb.ru/razvitiye_seti_elektrobusov_s_dynamicheskoy_zaryadkoj – Title from screen.
8. V Odesse zapustili na liniyu pervyj elektrobus s dinamicheskoy podzaryadkoj. Available at: <https://traffic.od.ua/news/eltransua/1220032> (accessed: 09.06.2021) [in Russian].
9. Tekhnologicheskie normy raskhoda elektroenergii na elektrotyagu tramvajnykh vagonov i troleibusov. [Technical norms of electricity consumption for tram and trolleybus electric traction] Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157446/f6a5ff120a9c70ea4b6b87eef8e3f6cf53da11b/ (accessed 10.03.2021) [in Russian].
10. Pravila ekspluatatsii tramvaia i troleibusa. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0353-20?lang=en#Text> (accessed: 10.03.2021) [in Ukrainian].
11. Kak prodlit srok sluzhby batarei avtomobilya [How to expend car battery life]. URL: <https://ecotechnica.com.ua/transport/4823-kak-prodlit-srok-sluzhby-batarei-elektromobiliya-5-pravil-ot-hyundai-sovsem-ne-slozhnykh.html> (accessed: 11.01.2021) [in Russian].
12. Sovety po ekspluatatsii elektromobiliya i prodleniyu sroka sluzhby batarei [Tips for electric vehicle operating and battery life extending]. URL: <https://hevcars.com.ua/reviews/kak-prodlit-srok-sluzhby-batarei-elektromobiliya/> (accessed: 11.01.2021). [in Russian].

Новини

ОФІЦІЙНО: "ДЕРЖАВТОТРАНСДІПРОЕКТ" – НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР ІЗ ПЕРІОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ТА ПІДТВЕРДЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ



Відповідно до Наказу Міністерства інфраструктури від 18.11.2020 р. №789 "Про затвердження Порядку підтвердження професійної компетентності водіїв транспортних засобів для надання послуг з перевезення пасажирів і вантажів" та зареєстрованого в Міністерстві юстиції України від 16.02.2021 №198/35820, згідно з Директивою 2003/59/ЄС, Міністерством інфраструктури України 31.08.2021 року уповноважено ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут" навчальним центром із періодичної підготовки та підтвердження професійної компетентності водіїв транспортних засобів із метою надання послуг для перевезення пасажирів і вантажів.

У засіданні Атестаційної комісії Міністерства інфраструктури України з питань визначення навчальних центрів узяли участь:

- в. о. заступника директора з виробничої діяльності Володимир Агеєв;
- начальник НМНЦ Сергій Марцинчик;
- завідувач ВПК Валентина Кузьмич.

ФОНД ДП "ДЕРЖАВТОТРАНСДІПРОЕКТ" ПОПОВНЕНО НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ

За літньо-осінній період до фонду підприємства надійшли такі стандарти:

- ДСТУ EN 16029:2018 (EN 16029:2012, IDT) Моторизовані колісні транспортні засоби, призначенні для перевезення людей та не призначенні для використання на дорогах загального користування. Одноколійні двоколісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпеки та методи випробування.
- ДСТУ EN 16486:2018 (EN 16486:2014, IDT) Машини для ущільнення відходів та вторинної сировини. Ущільнювачі. Вимоги щодо безпеки.
- ДСТУ EN 16500:2018 (EN 16500:2014, IDT) Машини для ущільнення відходів або вторинної сировини. Вертикальні пакетувальні преси. Вимоги щодо безпеки.
- ДСТУ EN 50556:2018 (EN 50556:2011, IDT) Системи сигнальні для регулювання дорожнього руху.
- 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 пристрій заряджання електричних транспортних засобів стосовно під'єднання до джерел змінного/постійного струму.
- ДСТУ EN 61851-22:2015 (EN 61851-22:2002, IDT; IEC 61851-22:2001, IDT) Системи кондуктивного заряджання електричних транспортних засобів. Частина 22. Станції заряджання електричних транспортних засобів змінним струмом.

Дізнатися детальнішу інформацію, замовити офіційні копії стандартів можна телефоном: (044) 201-08-39 або через e-mail: vsm@insat.org.ua.

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

УДК 625.7/8

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-22-30

© Т. А. Терещенко, канд. хім. наук, провідний науковий співробітник, e-mail: chemistry@dorndi.org.ua,
ORCID: 0000-0001-7584-9031;
© С. І. Ілляш, канд. техн. наук, начальник центру дорожніх матеріалів та технологій,
e-mail: illiash.s@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3001-8012
(ДП "ДерждорНДІ")

© Tetyana Tereshchenko, Candidate of Chemical Sciences,
Senior Research Officer,
e-mail: chemistry@dorndi.org.ua,
ORCID: 0000-0001-7584-9031;
© Serhiy Illiash, Chief of Department,
e-mail: illiash.s@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-3001-8012
(DerzhdorNDI SE)

РОЗРАХУНОК ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ СУМІШЕЙ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ З ДОДАВАННЯМ НОВИХ МІНЕРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІДПОВІДНО ДО ПРОЄКТНОЇ ТОВЩИНИ РЕГЕНЕРОВАНОГО ШАРУ

CALCULATION OF GRADING OF COLD RECYCLED MIXTURES USING NEW AGGREGATES ACCORDING TO THE DESIGNED THICKNESS OF A REHABILITATED LAYER

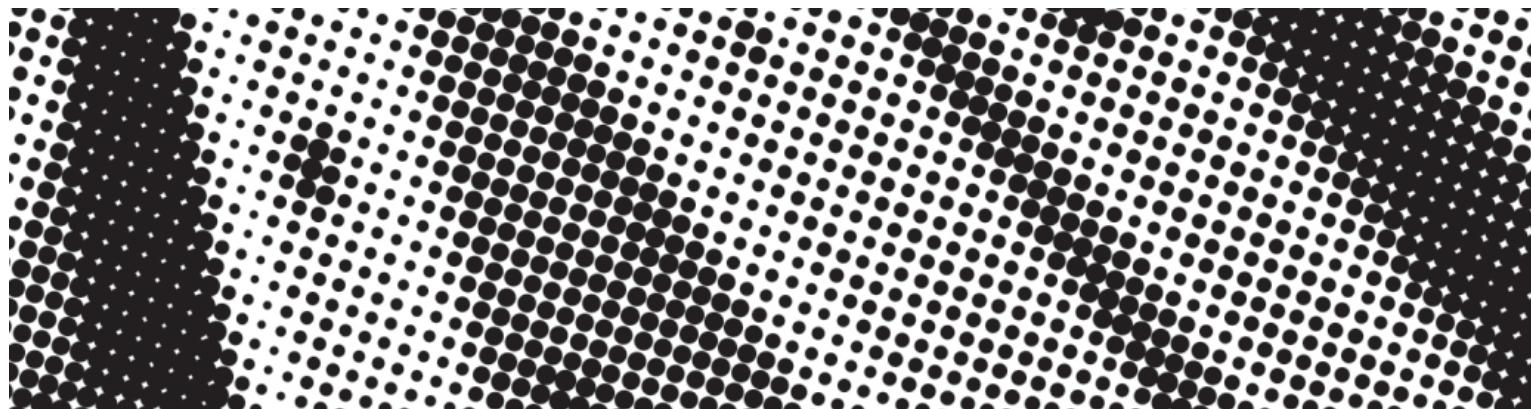
Анотація. Технології холодного ресайклінгу асфальтобетону передбачають застосування нових мінеральних матеріалів для забезпечення стандартного гранулометричного складу регенерованої суміші. Стандартні вимоги не обмежують складу нових мінеральних матеріалів, що робить можливим їхне використання одночасно для регулювання товщини регенерованого шару.

У статті представлена методику розрахунку гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу з використанням нових мінеральних матеріалів для забезпечення проектної товщини регенерованого шару. Наведені приклади розрахунків, які показують необхідність індивідуального розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу для забезпечення проектної товщини регенерованого шару за обмеженої кількості фрезерованого асфальтобетону. Запропонований метод розрахунку забезпечує точне моделювання складу суміші холодного ресайклінгу та може бути реалізований у холодній регенерації нежестких дорожніх одягів із виготовленням регенерованих сумішів в установках або для виконання ресайклінгу методом "на дорозі".

Ключові слова: асфальтобетон, холодний ресайклінг, регенерована суміш, методика розрахунку гранулометричного складу.

Annotation. Технологии холодного ресайклинга асфальтобетона предполагают применение новых минеральных материалов для обеспечения стандартного гранулометрического состава регенерированной смеси. Стандартные требования не ограничивают содержание новых минеральных материалов, что делает возможным их использование одновременно для регулирования толщины регенерированного слоя. В статье представлена методика расчета гранулометрического состава смесей холодного ресайклинга с использованием новых минеральных материалов для обеспечения проектной толщины регенерированного слоя. Приводятся примеры расчетов, показывающие необходимость индивидуального расчета и подбора гранулометрического состава смесей холодного ресайклинга для обеспечения проектной толщины регенерированного слоя в условиях ограниченного количества фрезерованного асфальтобетона. Предложенный метод расчета обеспечивает точное моделирование состава смесей холодного ресайклинга и может быть реализован при холодной регенерации нежестких дорожных одежд с изготовлением регенерированных смесей в установках или при выполнении ресайклинга методом "на дороге".

Ключевые слова: асфальтобетон, холодный ресайклінг, регенерированная смесь, методика расчета гранулометрического состава.



Abstract. Technologies of cold recycling of asphalt concrete using various types of binders have been widely implemented in road building industry in Ukraine. Technologies of cold recycling allow to eliminate some types of deformations or destructions and also to enhance bearing capacity of flexible road pavements. If required, process of cold recycling assumes application of new aggregates to achieve standard grading of a recycled mixture. As the standard requirement does not state any restrictions on relative content of new aggregates, these can be applied to achieve the designed thickness of a rehabilitated layer. This article presents a method for calculation of grading of cold recycled mixtures according to the designed thickness of a rehabilitated layer assuming the amount of reclaimed asphalt pavement (RAP) equals to the amount of asphalt concrete in a milled layer. The proposed method is based on calculation of grading of a mixture of new aggregates that should be rather individual for each recycled mixture. The input data for calculation should be obtained from results of a field testing of "old" road pavement construction and also from laboratory investigation of "old" asphalt concrete cores.

The article gives also some examples of calculation which are performed on base of mean values of standard grading of recycled mixtures. Nevertheless, the proposed method of calculation could be applied on the base of any values selected within the standard limits. The proposed method assures precise modeling of composition and properties of a recycled mixture and could be implemented when planning projects on rehabilitation of flexible road pavements either by cold in-plant or cold in-place recycling.

Keywords: asphalt concrete, cold recycling, recycled mixture, methodology for calculation of grading of recycled mixture.

Вступ

Важливим напрямком ресурсозбереження в дорожньому будівництві є ресайклінг або повторне використання дорожнього асфальтобетону. Технології ресайклінгу дорожнього асфальтобетону класифікують залежно від виду робіт, діапазону технологічних температур, техніки та технології виготовлення й застосування регенерованих сумішей [1, 2]:

– гарячий ресайклінг – ресайклінг із виготовленням регенерованих гарячих асфальтобетонних сумішей у змішуvalьних установках (*Hot In-Plant Recycling*) або методом "на дорозі" із застосуванням ресайклерів (*Hot In-Place Recycling*);

– холодний ресайклінг – ресайклінг із виготовленням регенерованих холодних сумішей у змішувальних установках (*Cold In-Plant Recycling*) або методом "на дорозі" із застосуванням ресайклерів (*Cold In-Place Recycling*, а також технологія *Full Depth Reclamation*).

Використання технологій холодного ресайклінгу для ремонтів і реконструкції автомобільних доріг дозволяє усувати певні види дефектів та підвищувати несну здатність конструкції дорожнього одягу. До складу суміші холодного ресайклінгу, поряд із матеріалом старого асфальтобетонного покриття, входять в'яжучі матеріали (цемент або цемент та бітумне в'яжуче (бітумна емульсія чи спінений бітум); застосовуються також бітумні в'яжучі окремо) і нові мінеральні матеріали. Згідно з даними, наведеними в роботі європейських колег [3], уміст нових мінеральних матеріалів у сумішах холодного ресайклінгу у світовій практиці дорожнього будівництва становить переважно від

30% до 80% за масою. Зниження відносного вмісту матеріалу, отриманого з асфальтобетону старого покриття, позитивно впливає на реологічні властивості регенерованого матеріалу, зокрема зменшує повзучість (крип) та зменшує ризик міттєвої втрати несної здатності регенерованого шару за підвищених температур [3].

У вітчизняній галузі дорожнього будівництва широко впровадженими є технології холодного ресайклінгу з використанням усіх зазначених вище видів в'яжучих матеріалів [4, 5]; вимоги до відповідних матеріалів та технологій установлені в стандарті [6]. Проте, незважаючи на широке впровадження зазначеної технології, методика виконання розрахунків з метою цілеспрямованого коригування гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу¹ відсутня.

З огляду на викладене вище, автори статті пропонують методику розрахунку гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу (CXP) із додаванням нових мінеральних матеріалів, зокрема за умови їхнього високого відносного вмісту відповідно до проектної товщини регенерованого шару.

Особливості підбору складу CXP та технологічних процесів холодного ресайклінгу

Процедура добирання складу CXP охоплює підбір зернового складу мінеральної частини та

¹ Згідно з [6] у національній системі стандартизації України застосовують термін "суміш органо-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені за методом холодного ресайклінгу".

складу СХР за вмістом в'яжучого з метою забезпечення відповідності вимогам [6] до матеріалів потрібної марки, з потрібним номінальним максимальним розміром зерен.

Підбір зернового складу мінеральної частини СХР із додаванням нових мінеральних матеріалів із урахуванням пропонованої методики розрахунку охоплюють етапи:

- визначення фактичної густини та складу асфальтобетону наявного покриття відповідно до вимог [7], визначення вмісту бітуму та гранулометричного складу мінеральної частини після екстрагування або після випалювання бітуму;

- розрахунок та підбір складу суміші нових мінеральних матеріалів для коригування складу мінеральної частини з доведенням до нормативних вимог [6] для СХР із потрібним номінальним максимальним розміром зерен D ;

- перевіряння гранулометричного складу СХР, що містить розрахункову кількість нових мінеральних матеріалів підібраного складу, на відповідність нормативним вимогам.

Оскільки нормативні вимоги до гранулометричного складу мінеральної частини СХР не залежать від виду в'яжучого, пропонована методика розрахунку гранулометричного складу є застосованою для всіх видів СХР згідно з [6].

Підбір складу СХР за вмістом в'яжучого нормується положеннями стандартів щодо технічних умов та методів випробувань СХР [6, 7].

Улаштування регенерованих шарів дорожнього одягу з використанням СХР, виготовлених в установці, поряд із підготовчими роботами, передбачає комплекс технологічних операцій, пов'язаних із транспортуванням, укладанням, профілюванням та ущільненням шару суміші. Улаштування регенерованого шару методом "на дорозі", поряд із підготовчими роботами, переважно охоплює основні технологічні операції:

- фрезерування та перемішування фрезерованого матеріалу й нових мінеральних матеріалів з одночасним розподіленням в'яжучого та зволожуванням шару для досягнення оптимальної вологості;
- попереднє ущільнення, планування та профілювання шару;
- остаточне ущільнення шару.

Застосування СХР, виготовлених в установках, забезпечує більш високу однорідність матеріалу шару.

² Запропонований алгоритм розрахунку гранулометричного складу СХР не залежить від форми отворів сит.

Вихідні дані для розрахунку гранулометричного складу СХР із додаванням нових мінеральних матеріалів відповідно до проектної товщини регенерованого шару

Пропонована методика розрахунку передбачає виконання робіт за умов використання кількості асфальтогрануляту (фрезерованого асфальтобетону), яка відповідає кількості асфальтобетону в шарі товщині, призначеної для фрезерування, на проектній ділянці визначені площи. Для розрахунків гранулометричного складу СХР приймаються дані щодо зернового складу мінеральної частини асфальтогрануляту².

У процесі робіт із науково-технічного супроводу на етапі проектування на ділянці виконують обстеження конструкції дорожнього одягу з установленням параметрів та стану асфальтобетонного покриття. За результатами обстежень визначають необхідну глибину фрезерування шару асфальтобетону, виконують лабораторні дослідження матеріалу зразків-кернів та розробляють проектні рішення щодо конструкції дорожнього одягу, які встановлюють, зокрема, потрібну товщину регенерованого шару.

Для визначення потрібної відносної кількості нових мінеральних матеріалів з метою забезпечення проектної товщини регенерованого шару пропонують виконати розрахунки за прикладом **табл. 1**.

Витрати СХР для влаштування шару проектної товщини (значення "В" **табл. 1**) обчислюють на підставі даних щодо густини СХР та за необхідності коригують із урахуванням результатів випробувань зразків дослідної партії. У разі відсутності даних щодо густини СХР рекомендується прийняти це значення таким, що дорівнює густині асфальтобетону наявного покриття та за потреби внести коригування відповідно до результатів випробування зразків СХР підібраного складу. Вихідні дані щодо гранулометричного складу матеріалів, використані для розрахунків згідно з пропонованою методикою, наведені в **табл. 2**.

Особливості розрахунку гранулометричного складу СХР із додаванням нових мінеральних матеріалів відповідно до проектної товщини регенерованого шару

Порядок розрахунку гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів для забезпечення вимог [6] щодо СХР з заданим номінальним максимальним розміром зерен D викладено в **табл. 3**. Розрахункова відносна кількість суміші нових мінеральних матеріалів згідно з

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку потреби в нових мінеральних матеріалах

Показник, одиниця вимірювання	Значення показника
Проектна товщина регенерованого шару, H , см	16
Товщина частини шару наявного асфальтобетонного покриття, призначеного для фрезерування, H_f , см	5
Фактична густина асфальтобетону наявного покриття, ρ , кг/дм ³	2,52
Витрати СХР на влаштування шару проектної товщини, B , кг/м ²	373*)
Фактичний уміст матеріалу в частині асфальтобетонного покриття, призначеній для фрезерування, B_f , кг/м ² ($B_f = \rho \cdot H_f \cdot 10$)	126
Витрати нових матеріалів для влаштування регенерованого шару, B_n , кг/м ² ($B_n = B - B_f$)	247
Відносний уміст нових мінеральних матеріалів у СХР, $B_{n\%}$, % за масою $(B_{n\%} = \frac{B_n}{B} \cdot 100)$	65
Відносний уміст мінеральної частини асфальтобетону наявного покриття в СХР, $B_{f\%}$, % за масою ($B_{f\%} = 100 - B_{n\%}$)	35
Фактичний уміст бітуму в асфальтобетоні наявного покриття, % за масою	6,5

*) Обчислено на підставі значення густини СХР 2332 кг/м³, що становить 0,93 значення густини асфальтобетону наявного покриття.

Таблиця 2

Вихідні дані щодо гранулометричного складу мінеральних матеріалів

Найменування матеріалу	Склад, % за масою, за частковим залишком на ситі з розміром отворів, мм										
	піддон	0,071	0,14	0,315	0,63	1,25	2,5	5	10	20	40
Щебінь згідно з [8] фракції:											
– (20–40) мм	0,3	0,1	–	–	–	–	–	0,1	9,2	88,7	1,6
– (10–20) мм	–	–	–	–	–	–	–	0,5	91,1	8,5	–
– (5–10) мм	–	–	–	–	–	6,5	3,5	80,0	10,0	–	–
Пісок із відсівів подрібнення згідно з [9]	9,0	8,2	14,9	15,1	12,3	16,9	17,6	5,5	0,5	–	–
Мінеральна частина асфальтобетону	11,9	6,7	8,6	9,9	8,2	13,2	15,5	13,5	8,6	3,9	–

табл. 3 забезпечує проектну товщину регенерованого шару відповідно до табл. 1.

Розрахунок гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів у табл. 3 виконано відносно до середніх значень нормованого гранулометричного складу СХР $D = 40$ мм згідно з [6], проте ці значення за потреби можуть бути вибрані в межах стандартних вимог індивідуально, що суттєво розширює можливості цілеспрямованого коригування гранулометричного складу та належить до переваг запропонованої методики.

Результат підбору складу суміші нових мінеральних матеріалів, розрахунковий гранулометрич-

ний склад якої наведено в табл. 3, та перевіряння гранулометричного складу СХР на відповідність нормативним вимогам наведені в табл. 4.

На рис. 1 у графічному вигляді представлено результати розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів відповідно до запропонованої методики з урахуванням табл. 3 та табл. 4, за проектної товщини регенерованого шару 16 см (див. табл. 1).

На рис. 2 у графічному вигляді представлено результати підбору гранулометричного складу СХР із застосуванням суміші нових мінеральних матеріалів підібраного складу (табл. 3, табл. 4,

Таблиця 3

Розрахунок гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів для коригування складу мінеральної частини СХР відповідно до проектної товщини регенерованого шару

Розмір отворів сита, мм	Гранулометричний склад мінеральної частини асфальтобетону наявного покриття, % за масою		Φ_{pp} , %; $\Phi_{pp} = \frac{\Phi_n \times B_{ph}}{100}$	Φ_{np} , %;	Розрахунковий гранулометричний склад суміші нових мінеральних матеріалів		
	Φ_u	Φ_n			Δ_ϕ $\Delta_\phi = \frac{\Phi_{np} - \Phi_{pp}}{\Phi_{np}}$	$\Phi_{pn}^{*}, %$ $\Phi_{pn} = \frac{\Delta_\phi \times 100}{B_{ne}}$	Δ_n
піддон	11,9	—	—	—	—	—	—
0,071	6,7	11,9	4,2	6,5	2,3	3,5	3,5
0,14	8,6	18,6	6,6	8,5	1,9	2,9	2,9
0,315	9,9	27,2	9,6	11,5	1,9	2,9	2,9
0,63	8,2	37,1	13,1	15,0	1,9	2,9	2,9
1,25	13,2	45,3	16,0	20,0	4,0	6,2	6,2
2,5	15,5	58,5	20,7	27,5	6,8	10,5	10,5
5	13,5	74,0	26,2	35,0	8,8	13,6	13,6
10	8,6	87,5	31,0	50,0	19,0	29,2	29,2
20	3,9	96,1	34,0	75,0	41,0	63,1	63,1
40	— 100,0	35,0	100	65,0	100,0	100,0	—

Примітка. Φ_n – фактичний склад мінеральної частини асфальтобетону наявного покриття за вмістом зерен, менших за даний розмір;

Φ_{np} – усереднений склад СХР з $D = 40$ мм згідно з [6] за вмістом зерен, менших за даний розмір;

Φ_{pn} – розрахунковий склад суміші нових мінеральних матеріалів за вмістом зерен, менших за даний розмір;

Φ_{pp} – розрахунковий уміст мінеральних зерен асфальтобетону наявного покриття, менших за даний розмір, у мінеральній частині СХР;

Φ_u – фактичний склад мінеральної частини асфальтобетону наявного покриття за частковим залишком на ситі;

Δ_n – кориговані значення Φ_{pn} ;

Δ_ϕ – розрахунковий вміст зерен нових мінеральних матеріалів, менших за даний розмір, у мінеральній частині СХР.

* – Для складання цієї графії таблиці кожне від'ємне значення (якщо таке є) замінюється позитивним значенням попереднього рядка.

рис. 1) за проектної товщини регенерованого шару 16 см.

Як приклад, результати такого розрахунку можуть бути використані для виготовлення СХР в установці або виконання холодного ресайклінгу методом "на дорозі" (без урахування можливих коригувань).

Для влаштування шару дорожнього одягу з СХР, виготовленої в установці, з урахуванням даних **табл. 1–табл. 4**, для виготовлення СХР потрібно використовувати суміш вихідних дисперсних матеріалів у відсотках за масою:

- асфальтогранулят (з розрахунку на масу мінеральної частини) – 32,7 %;
- щебінь фракції понад 20 мм до 40 мм включно – 31,1 %
- щебінь фракції понад 10 мм до 20 мм включно – 12,1 %;
- щебінь фракції понад 5 мм до 10 мм включно – 12,1 %;
- пісок із відсівів подрібнення – 12,1 %.

Для виконання холодного ресайклінгу методом "на дорозі", з урахуванням даних **табл. 1–табл. 4**,

потрібно використовувати нові мінеральні матеріали у співвідношенні, у відсотках за масою:

- щебінь фракції понад 20 мм до 40 мм включно – 46 %;
- щебінь фракції понад 10 мм до 20 мм включно – 18 %;
- щебінь фракції понад 5 мм до 10 мм включно – 18 %;
- пісок із відсівів подрібнення – 18 %.

Потрібна загальна кількість нових мінеральних матеріалів у другому випадку становить 67,3% від маси мінеральної частини СХР. До того ж потрібну кількість нових мінеральних матеріалів розподіляють на поверхні ділянки шару дорожнього одягу, призначеної для регенерації.

Нижче у графічному вигляді наведені результати застосування пропонованої методики розрахунку з дотриманням викладених вище умов та вихідних даних (**табл. 1** – частково; **табл. 2**) за різних значень проектної товщини регенерованого шару (10, 20 та 25 см), за глибини фрезерування згідно з **табл. 1**.

Таблиця 4

Результати підбору зернового складу суміші нових мінеральних матеріалів та перевірняння гранулометричного складу СХР на відповідність нормативним вимогам

Підібраний склад нових мінеральних матеріалів за фракціями, % за масою	Розрахунок гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів за вмістом зерен, менших за даний розмір (мм), % за масою										
	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	інше
1 Щебінь фр. (20–40) мм [8] 46	0,7	40,8	4,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2 Щебінь фр. (10–20) мм [8] 18	0,0	1,5	16,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Щебінь фр. (5–10) мм [8] 18	0,0	0,0	1,8	14,4	0,6	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Пісок з відсівів подрібнення згідно з [9]	0,0	0,0	0,1	1,0	3,2	3,0	2,2	2,7	2,7	1,5	1,6
5 Z_i	0,7	40,5	21,8	17,1	4,0	4,5	2,3	2,9	2,8	1,6	1,8
6	0,7	41,2	63,0	80,1	84,1	88,6	90,9	93,8	96,6	98,2	100,0
7 ΣZ_i	99,3	58,8	37,0	19,9	15,9	11,4	9,1	6,2	3,4	1,8	0
Перевірняння підібраного гранулометричного складу СХР на відповідність нормативним вимогам											
8 Δ_h	100	63,1	29,2	13,6	10,5	6,2	2,9	2,9	2,9	3,5	–
9 $\frac{\sum Z_i \cdot B_{\text{нн}}}{100}$	64,2	38,0	23,9	12,9	10,3	7,4	5,9	4,0	2,2	1,2	–
10 Φ_{np}	35,4	34,0	31,0	26,2	20,7	16,0	13,1	9,6	6,6	4,2	–
11 $\Phi_{CXP} = \frac{\sum Z_i \cdot B_{\text{нн}}}{100} + \Phi_{zz}$	99,6	72,0	54,9	39,1	31,0	23,4	19,0	13,6	8,8	6,4	–
12 Φ_{np}	100,0	75,0	50,0	35,0	27,5	20,0	15,0	11,5	8,5	6,5	–
13 $\Delta_k = \Phi_{np} - \Phi_{CXP} $	0,4	3,0	4,9	4,1	3,5	3,4	4,0	2,1	0,3	0,1	–
14 Допустимі відхилення від нормованого вмісту зерен, менших за даний розмір	-10,0	$\pm 15,0$	$\pm 15,0$	$\pm 15,0$	$\pm 12,5$	$\pm 10,0$	$\pm 10,0$	$\pm 8,5$	$\pm 6,5$	$\pm 6,5$	–
15 Відповідність нормативним вимогам	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	

Примітка. Z_i – підібраний склад суміші нових мінеральних матеріалів за частковим залишком на ситі; ΣZ_i – підібраний склад суміші нових мінеральних матеріалів за вмістом зерен, менших за даний розмір; Φ_{CXP} – підібраний склад СХР за вмістом зерен, менших за даний розмір.

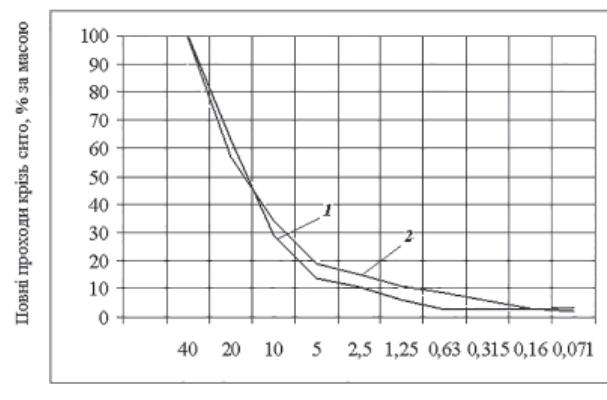


Рис. 1. Результати розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів для коригування гранулометричного складу СХР за проектної товщини регенерованого шару 16 см: 1 – розрахунковий гранулометричний склад; 2 – підібраний гранулометричний склад

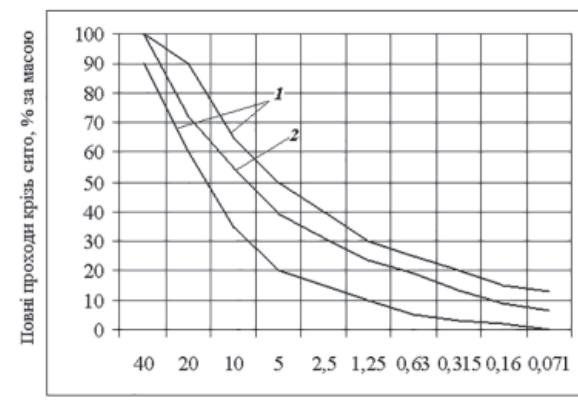


Рис. 2. Результати підбору гранулометричного складу СХР із використанням суміші нових мінеральних матеріалів підібраного складу (табл. 3 та табл. 4, рис. 1) за проектної товщини регенерованого шару 16 см: 1 – граничні криві гранулометричного складу СХР з $D = 40$ мм згідно з [6], 2 – гранулометрична крива СХР підібраного складу

На рис. 3 представлено результати розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів для коригування гранулометричного складу CXР за різних значень проектної товщини регенерованого шару.

Графічне уточнення результатів (рис. 3) дозволяє підкреслити, що в процесі проєктування та підбору складу CXР із регулюванням товщини регенерованого шару відповідно до проектних вимог та за обмеженої кількості асфальтограну-

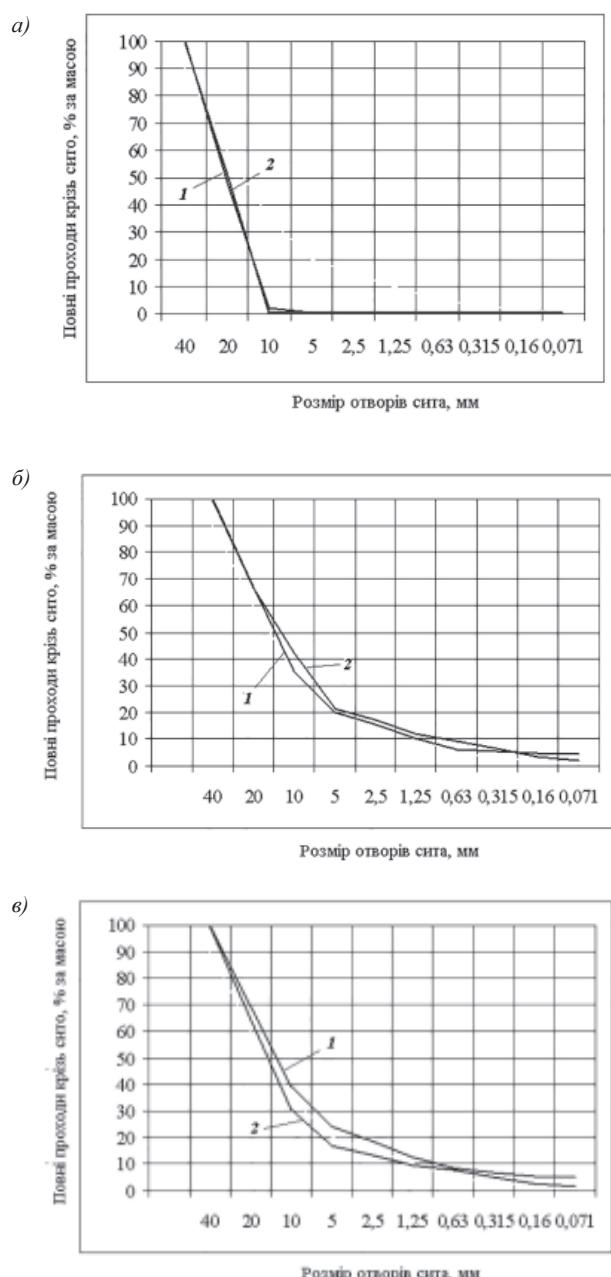


Рис. 3. Результати розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів для коригування гранулометричного складу CXР за проектної товщини регенерованого шару: а) 10 см; б) 20 см; в) 25 см;
1 – розрахунковий гранулометричний склад; 2 – підібраний гранулометричний склад

ляту склад суміші нових мінеральних матеріалів потрібно розраховувати та підбирати в кожному випадку індивідуально.

На рис. 4 представлена результати підбору гранулометричного складу CXР із застосуванням суміші нових мінеральних матеріалів підібраного складу (рис. 3) за відповідних значень проектної товщини регенерованого шару.

Представлені графічні дані ілюструють широкі можливості запропонованої методики для цілеспрямованого коригування гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу.

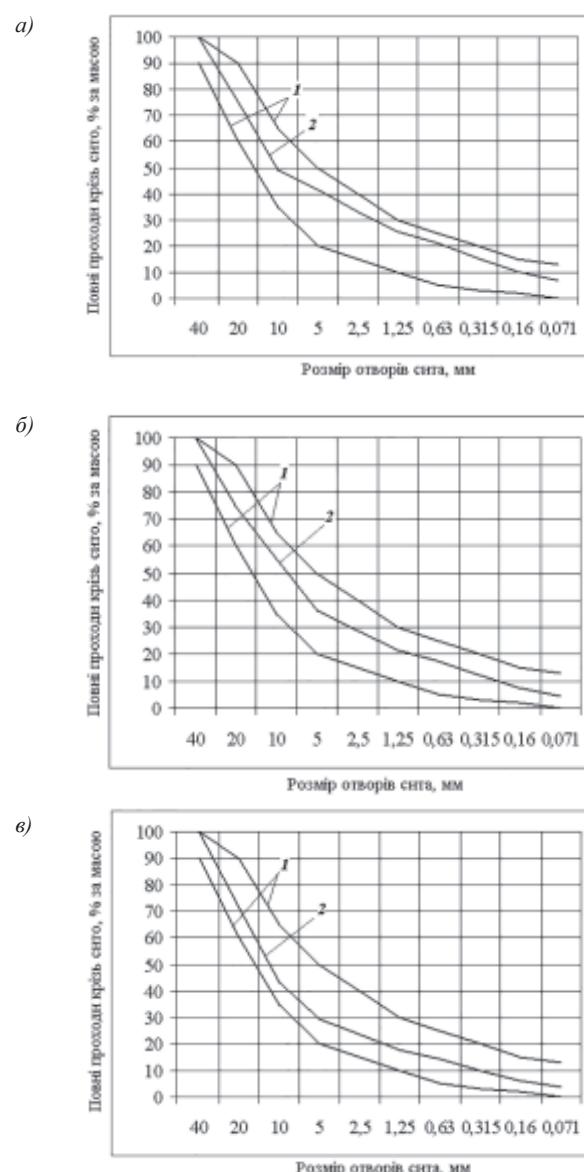


Рис. 4. Результати підбору гранулометричного складу CXР із використанням суміші нових мінеральних матеріалів підібраного складу (рис. 3) за проектної товщини регенерованого шару: а) 10 см; б) 20 см; в) 25 см;
1 – граничні криві гранулометричного складу CXР з $D = 40$ мм згідно з [6], 2 – гранулометрична крива CXР підібраного складу

Слід зазначити, що в разі, коли розрахункова кількість матеріалів є недостатньою для забезпечення проектної товщини регенерованого шару, доцільно, за погодженням із замовником, розглянути рішення зі збільшенням глибини фрезерування шару асфальтобетону як один із варіантів досягнення поставленої мети.

Висновки

1. Технології холодного ресайклінгу передбачають використання нових мінеральних матеріалів для виготовлення СХР, що робить можливим їхне застосування не тільки для коригування гранулометричного складу СХР, але й для регулювання товщини регенерованого шару відповідно до проектних вимог. Авторами розроблено методику розрахунку гранулометричного складу суміші холодного ресайклінгу (СХР) із додаванням нових мінеральних матеріалів, зокрема за їхнього високого відносного вмісту, з урахуванням проектної товщини регенерованого шару.

2. Пропонована методика розрахунку передбачає виконання робіт за умов використання кількості асфальтобетону, яка встановлюється геометричними параметрами шару, призначеного для фрезерування, тобто без залучення зовнішніх джерел вторинної сировини та без утворення надлишків вторинної сировини – асфальтогрануляту, що є особливо актуальним у разі виконання холодного ресайклінгу методом "на дорозі".

3. Наведені приклади розрахунків і графічні матеріали підкреслюють необхідність індивідуального розрахунку та підбору гранулометричного складу суміші нових мінеральних матеріалів та СХР з метою забезпечення проектної товщини шару за умов обмеження кількості фрезерованого асфальтобетону.

4. Представлена методика може бути використана для розрахунку та підбору гранулометричного складу СХР як у разі виготовлення таких суміші у змішувальних установках, так і в разі виконання холодного ресайклінгу методом "на дорозі".

Література

1. Всесвітня дорожня асоціація. Технічний комітет С7/8 "Дорожній покриття". Рециклування дорожніх одягів. Частина 1. Посібник з холодного рециклирування дорожніх одягів безпосередньо на дорозі з використанням цементу / Під заг. ред. В. Жданюка, Д. Сибільського. – Х.: Вид-во ХНАДУ, 2005. – 77 с.
2. Терещенко Т. А. Аспекти успішного впровадження промислового ресайклінгу дорожнього асфальтобетону / Т. А. Терещенко // Зб. "Дороги і мости", вип. 17. – К.: ДП "ДерждорНДІ", 2017, С. 5 – 13.
3. Buczyński, P., Iwański, M. Complex modulus change within the linear viscoelastic region of the mineral-cement mixture with foamed bitumen / P. Buczyński, M. Iwański // Construction and Building Materials, Vol. 172 (2018), pp. 52 – 62
4. Головко С. К. Сучасні технології ремонту нежорстких

дорожніх одягів в Україні / С.К. Головко // Дорожня галузь України, № 5. – К.: ТОВ "НВЦ "Інформавтодор", 2017, С. 40 – 43.

5. Головко С. К. Холодний ресайклінг. Сучасні нормативні вимоги / С.К. Головко // Дорожня галузь України, № 5. – К.: ТОВ "НВЦ "Інформавтодор", 2010, С. 70 – 71.

6. Будівельні матеріали. Суміші органо-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені за методом холодного ресайклінгу. Технічні умови: СОУ 45.2-00018112-061:2011. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. Державне агентство автомобільних доріг України, 2011. – 27 с. – (Стандарт організації України).

7. Матеріали органо-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені методом холодного ресайклінгу. Методи випробувань: СОУ 42.1-37641918-127:2014. – [Чинний від 2015-03-01]. – К. Державне агентство автомобільних доріг України, 2014. – 35 с. – (Стандарт організації України).

8. Будівельні матеріали. Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-75-98. – [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. – 39 с. – (Національний стандарт України).

9. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-32-95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держкоммітобудування України, 1996. – 32 с. – (Національний стандарт України).

References

1. Zhdanyuk, V., Sybil'skyy D. Vsesvitnya dorozhnya asotsiatsiya. Tekhnichnyy komitet S7/8 "Dorozhni pokrytтя". Retsyklyuvannya dorozhnikh odyahiv. [PIARC World Road Association, PIARC Committee on C7/8 "Road Pavements". Recycling of Road Pavements. Part 1. Cold in-place recycling of pavements with cement] Kharkiv, KHNADU, 2005, 77 p.
2. Tereshchenko, T. A. (2017) Aspeky uspishnoho vprovadzhennya promyslovoho resayklinhu dorozhn'oho asfal'tobetonu [Aspects of the successful implementation of in-plant recycling of asphalt concrete]. "Roads and Bridges" Digest, vol. 17, pp. 5 – 13.
3. Buczyński, P., Iwański, M. (2018) Complex modulus change within the linear viscoelastic region of the mineral-cement mixture with foamed bitumen. Construction and Building Materials, Vol. 172, pp. 52 – 62.
3. Holovko, S. K. (2017) Suchasni tekhnolohiyi remontu nezhorstkykh dorozhnikh odyahiv v Ukrayini [Modern technologies for repairing flexible road pavements in Ukraine] Road Industry in Ukraine, № 5, 2017, pp. 40 – 43.
4. Holovko, S. K. (2010) Kholodnyy resayklinh. Suchasni normatyvni vymohy [Cold recycling. Modern normative requirements]. Road Industry in Ukraine, № 5, 2010, pp. 70 – 71.
5. Industry Building Codes (VBN V.2.3-218-545:2009) (2009) Sporudy transportu. Ukrivplennya ta stabilizatsiya shariv dorozhn'oho odyahu za metodom kholodnogo resayklinhu: VBN V.2.3-218-545:2009 (Vidomchi budivel'ni normy) [Transport facilities. Strengthening and stabilization of pavement layers using the cold recycling method] Kyiv, State Road Agency of Ukraine, 2009, 23 p.
6. State Road Agency of Ukraine (2014) Materialy orhano-mineral'nii dorozhni z frezerovanykh materialiv dorozhnikh odyahiv, vyhotovleni metodom kholodnogo resayklinhu. Metody vyprovuvan': SOU 42.1-37641918-127:2014. Standart orhanizatsiyi Ukrayiny [Road organic mineral materials made from materials of road pavements by methods of cold recycling]. Kyiv, State Road Agency of Ukraine, 2014, 35 p.
7. State Road Agency of Ukraine (2011) Budivel'ni materialy. Sumishi orhano-mineral'nii dorozhni z frezerovanykh materialiv

dorozhnikh odyahiv, vyhotovleni za metodom kholodnogo resayklingu. Tekhnichni umovy: SOU 45.2-00018112-061:2011. Standart orhanizatsiyi Ukrayiny [Building materials. Road organic mineral materials made from materials of road pavements by methods of cold recycling. Specifications]. Kyiv, State Road Agency of Ukraine, 2011, 8. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal services of Ukraine (1999) Budivel'ni materialy. Shchebin' i hraviv shchil'nyi pryrodni dlya budivel'nykh materialiv, vyrobiv, konstruktsiy i robiv. Tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7-75-98 Natsional'nyy standart Ukrayiny [Building materials. Solid

natural crushed stone and gravel for building materials, products, structures and construction works Specifications]. Kyiv, Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 39 p. 9. State Committee for Urban Development (1996) Budivel'ni materialy. Pisok shchil'nyy pryrodnyy dlya budivel'nykh materialiv, vyrobiv, konstruktsiy i robiv. Tekhnichni umovy: DSTU B V.2.7-32-95. Natsional'nyy standart Ukrayiny [Building materials. Dense natural sand for building materials, fabrics, structures and construction works. Specifications]. Kyiv, State Committee for Urban Development, 32 p.

УДК 625.7.8

© С. К. Головко,
канд. техн. наук, провідний науковий співробітник,
e-mail: vdo@dordi.org.ua,
ORCID: 0000-0001-5206-9999
(ДП "ДерждорнДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-30-35

© Serhiy Holovko,
Candidate of Technical Sciences, Senior Research Officer,
e-mail: vdo@dordi.org.ua,
ORCID: 0000-0001-5206-9999
(DerzhdorNDI SE)

ПРО СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕМОНТУ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ УДОСКОНАЛЕНого ПОЛЕГШЕНОГО ТИПУ

ABOUT MODERN POSSIBILITIES OF REUSING ROAD-BUILDING MATERIALS WHEN REPAIRING ROAD PAVEMENTS OF AN IMPROVED LIGHTWEIGHT TYPE

Анотація. Нині у процесі розробки проектних рішень із ремонту нежорсткого дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу передбачають влаштування шару основи за технологією холодного ресайклінгу або зі щебенево-піщаної суміші, обробленої мінеральним чи комплексним в'яжучим, а поверх закладають улаштуванням двох шарів з асфальтобетону. За результатом пошукових досліджень, спрямованих на більш широке повторне застосування дорожньо-будівельних матеріалів, пропонується у процесі ремонту дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу замість верхнього шару основи з асфальтобетону влаштовувати шар із матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "в установці" з використанням органічного в'яжучого, а нижній шар основи – з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерально-го або комплексного в'яжучого. З огляду на те, що в Україні недостатній досвід приготування суміші за технологією холодного ресайклінгу з використанням спіненого бітуму або бітумної емульсії, наведені особливості їхнього виготовлення. Після фрезерування асфальтобетону виконується посилення нижнього шару основи з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерального або комплексного в'яжучого. Шари з матеріалів, влаштованих за технологією холодного ресайклінгу, через обробку малою кількістю в'яжучих мають недостатній опір дії коліс автотранспорту, а тому поверх цих шарів потрібно влаштовувати шар покриття з матеріалів, що забезпечать опір динамічній дії. Наведений підхід дозволяє отримувати зниження вартості ремонту дорожнього одягу завдяки зменшенню витрат енергії для приготування асфальтобетону, оскільки виготовлення матеріалів за технологіями холодного ресайклінгу не передбачає нагрівання матеріалу.

Ключові слова: дорожній одяг удосконаленого полегшеного типу, повторне використання, спінений бітум, емульсія бітумна, холодний ресайклінг.

Аннотация. В настоящее время при разработке проектных решений по ремонту нежесткой дорожной одежды усовершенствованного облегченного типа предусматривают устройство слоя основания по технологии холодного ресайклинга или из щебено-песчаной

смеси, обработанной минеральным или комплексным вяжущим, а поверх закладывают устройства двух слоев из асфальтобетона. По результатам поисковых исследований, направленных на более широкое повторное применение дорожно-строительных материалов, предлагается при ремонте дорожного покрытия усовершенствованного облегченного типа вместо верхнего слоя основания из асфальтобетона устроить слой из материала дорожного, изготовленного по технологии холодного ресайклинга "в установке" с использованием органического вяжущего, а нижний слой основания устроить из материала дорожного, изготовленного по технологии холодного ресайклинга "на дороге" с использованием минерального или комплексного вяжущего. Учитывая, что в Украине недостаточный опыт приготовления смесей по технологии холодного ресайклинга с использованием вспененного битума или битумной эмульсии, приведены особенности их изготовления. После фрезерования асфальтобетона выполняется усиление нижнего слоя основания из материала дорожного, изготовленного по технологии холодного ресайклинга "на дороге" с использованием минерального или комплексного вяжущего. Слои из материалов,строенных по технологии холодного ресайклинга, за счет обработки малым количеством вяжущих имеют недостаточное сопротивление действию колес автотранспорта, в связи с чем поверх этих слоев нужно устраивать слой покрытия из материалов, обеспечивающих сопротивление динамической воздействию. Приведенный подход позволяет получать снижение стоимости ремонта дорожной одежды за счет уменьшения затрат энергии для приготовления асфальтобетона, так как изготовление материалов по технологиям холодного ресайклинга не предусматривает нагрева материала.

Ключевые слова: дорожная одежда усовершенствованного облегченного типа, повторное использование, вспененный битум, эмульсия битумная, холодный ресайклинг.

Abstract. At present, when developing design solutions for the repair of non-rigid road pavements of an improved lightweight type, they provide for the device of a base layer using cold recycling technology or from a crushed stone-sand mixture treated with a mineral or complex binder; and two layers of asphalt concrete are laid on top. Based on the results of exploratory studies aimed at wider reuse of road building materials, it is proposed, when repairing a road surface of an improved lightweight type, instead of the top layer of a base made of asphalt concrete, arrange a layer of road material made by the technology of cold recycling "in the mixer" using an organic binder, and the bottom layer of the base should be made of road material made by the technology of cold recycling "on the road" using a mineral or complex binder. Considering that Ukraine has insufficient experience in preparing mixtures using cold recycling technology using foamed bitumen or bitumen emulsion, the features of their manufacture are given. After milling the asphalt concrete, the bottom layer of the base is reinforced from the road material made using the cold recycling technology "on the road" using a mineral or complex binder. Layers of materials arranged according to the technology of cold recycling, due to processing with a small amount of binders, have insufficient resistance to the action of the wheels of vehicles, and therefore, on top of these layers, it is necessary to arrange a coating layer of materials that provide resistance to dynamic action. The given approach allows to obtain a reduction in the cost of pavement repair due to a decrease in energy consumption for the preparation of asphalt concrete, since the production of materials using cold recycling technologies does not provide for heating the material.

Keywords: improved lightweight road clothes, reuse, foamed bitumen, bitumen emulsion, cold recycling.

Вступ

Пошукові дослідження, спрямовані на ширше повторне застосування дорожньо-будівельних матеріалів, показали, що може бути розроблений альтернативний підхід до ремонту дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу, який базується на влаштуванні двох шарів посилення із застосуванням різних в'яжучих та технологій холодного ресайклінгу (в установці та "на дорозі").

Проведений аналіз демонструє, що в Україні майже не застосовують технології холодного ресайклінгу з використанням органічного в'яжучого, ймовірно, через недостатнє вивчення цього підходу. Постає необхідність дослідження можливості застосування технології холодного ресайклінгу з використанням різновідніх за складом суміші для ремонту дорожніх одягів удосконаленого полегшеного типу.

Аналіз проектних рішень з ремонту нежорсткого дорожнього одягу показує, що зазвичай розглядають влаштування шару основи за технологією холодного ресайклінгу або зі щебенево-піщаної суміші, обробленої мінеральним чи комплексним в'яжучим. Поверх шару основи проектувальники закладають влаштування двох шарів з асфальтобетону. Здебільшого це влаштування шару з крупнозернистого щільного асфальтобе-

тону та шар покриття з дрібнозернистого щільного асфальтобетону або ЩМА.

Технологію холодного ресайклінгу передбачають, якщо можна призначити товщину фрезерування бітумомістких шарів понад 6 см, в іншому разі призначають фрезерування на глибину до 4,5 см із подальшим влаштуванням шару зі щебенево-піщаної суміші, обробленої мінеральним чи комплексним в'яжучим.

Такі рішення доцільні для автомобільних доріг як другої, третьої, так і четвертої категорії. Водночас аналіз транспортного потоку показує, що на автомобільних дорогах другої та третьої категорії має місце інтенсивний рух важкого транспорту і влаштовують дорожній одяг капітального типу, а на автомобільних дорогах четвертої категорії переважно відсутній інтенсивний рух важкого транспорту і влаштовують дорожній одяг удосконаленого полегшеного типу.

За результатом пошукових досліджень запропоновано альтернативний підхід до ремонту дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу. А саме – замість верхнього шару основи з асфальтобетону влаштовувати шар із матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу (МДХР) в установці з використанням органічного в'яжучого, а нижній шар ос-

нови – з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерального або комплексного в'яжучого.

Основна частина

Раніше, коли дорожньо-будівельні підприємства тільки оснащували сучасною будівельною технікою, втілити на одному будівельному об'єкті застосування комбінації шарів, влаштованих за технологією холодного ресайклінгу, було неможливо. Проте за останні десять років багато дорожньо-будівельних підприємств придбали спеціальні змішувачі типу DC 50B, KMA 240 (рис.1) тощо.

Наявність такого обладнання дозволяє фрезерувати асфальтобетонні шари дорожнього одягу на визначену глибину за один або кілька проходів і перевозити крихти для подальшого виготовлення суміші у змішувачі.

У вітчизняній практиці досвід виготовлення сумішей за технологією холодного ресайклінгу (СХР) з використанням органічного в'яжучого майже відсутній. Це пов'язано з тим, що в Україні технологія холодного ресайклінгу здебільшого застосовувалася для відновлення шарів основи, де окрім органічне в'яжуче не використовують. Проте за участі автора на етапі впровадження технології холодного ресайклінгу в Україні у 2003–2005 роках було побудовано кілька дослідних ділянок із використанням спіненого бітуму або бітумної емульсії [2]. Також автором проведені чисельні лабораторні випробування зразків МДХР із використанням органічного в'яжучого. За результатами цих досліджень [3] та досліджень, проведених під керівництвом проф. Жданюка В. К., а також аналізу літературних джерел [4], розроблені вимоги до цих матеріалів [5, 6, 7], які надалі були уточнені та наведені у [8, 9].



Рис. 1. Виготовлення суміші за технологією холодного ресайклінгу в установці KMA 240 [1]

З огляду на те, що у вітчизняній практиці недостатній досвід приготування СХР із використанням спіненого бітуму або бітумної емульсії, наведемо низку їхніх особливостей. Ці суміші рекомендовано виготовляти з асфальтобетонної крихти з додаванням нових мінеральних матеріалів від 20% до 40% за масою, що дозволяє забезпечити однорідність суміші. Також для забезпечення однорідності СХР із використанням органічного в'яжучого рекомендується виготовляти на змішувальних установках. Доцільно перед застосуванням асфальтобетонної крихти оцінити властивості старого в'яжучого з метою визначення марки бітуму та пластифікатора для додавання у СХР. Товщина шару з таких сумішей не має перевищувати 12 см.

У процесі перемішування спінений бітум обволікає переважно найдрібніші частинки і тільки частково великі зерна щебеню. Тому підбір зернового складу СХР із використанням спіненого бітуму починається із забезпечення необхідної кількості дрібної складової (1,25–0,071 мм).

Застосування бітумної емульсії також має особливості. Найбільш придатними є катіонні високостабільні бітумні емульсії. Вибір бітуму залежить від інтенсивності руху та особливості кліматичних умов. У разі надмірного зволоження асфальтобетонної крихти рекомендується для досягнення повного обволікання застосовувати цемент до 1,5% за масою. Вміст емульсії залежить від кількості бітуму в асфальтобетонній крихті, рекомендується визначати у діапазоні від 3% до 5% за масою.

Потрібну кількість води для приготування та ущільнення СХР визначають з урахуванням зернового складу, способу подачі органічного в'яжучого (емульсія або спінений) та вологості складових.

На етапі підбору складу СХР із використанням органічного в'яжучого визначають як механічні показники – границю міцності на стиск (за 20 °C і 50 °C), водостійкість, морозостійкість, так і фізичні – водонасичення, яке характеризує пористість МДХР.

Вважається, що оптимальна пористість МДХР, виготовлених із використанням органічного в'яжучого, коливається в межах від 9 до 14%, це близько до пористого та високопористого асфальтобетону [10], і дозволяє матеріалу мати досить високі деформаційні та міцнісні показники, що важливо у проектуванні посилення дорожніх одягів.

Згідно з проведеними дослідженнями [3] та аналізом технічної літератури [4] модуль пружності цих матеріалів становить від 800 до 1000 МПа.

Дещо нижчі ніж у пористого та високопористого асфальтобетону показники на розтяг у умовах згину, вони перебувають у діапазоні від 0,45 до 0,75 МПа. З метою підвищення у цих матеріалів показника на розтяг у процесі згину можуть бути застосовані дисперсні волокна типу FORTA FI® згідно з [11] або армувальні синтетичні матеріали, зокрема полімерні згідно з [12, 13].

Після того, як із наявного дорожнього одягу буде відфрезеровано асфальтобетон, виконують посилення нижнього шару основи з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерального або комплексного в'яжучого згідно з [8, 9].

Обробка фрезерованого матеріалу мінеральним чи комплексним в'яжучим дозволяє ліквідувати неоднорідність у складі МДХР. Проведений лабораторний аналіз проб, відібраних під час виконання робіт на дорозі показує, що у процесі перемішування зерна щебеню та мінерального в'яжучого рівномірно розподіляються за об'ємом.

Укріплення шарів ефективне, коли ґрунтована основа не перезволожена і є можливість матеріалі основи обробити в'яжучим та ущільнити. Це дозволяє отримувати стабільний за фізико-механічними властивостями матеріал. Ефективними також можуть бути спеціальні домішки, які дозволяють підвищити дію мінерального в'яжучого.

Доцільно зазначити, що в наші дні фірми-виробники машин для фрезерування дорожніх одягів почали виготовляти ресайклери, що дають змогу одночасно з виготовленням суміші за технологією "на дорозі" влаштовувати шар за допомогою асфальтоукладальника. Це дозволяє забезпечувати необхідну рівність і товщину кожного шару (**рис. 2**).

Якщо ґрунтована основа перезволожена або суттєво неоднорідна за складом, раціональним є стабілізація незв'язних шарів жорсткою полімерною геограткою згідно з [12, 13]. У такому разі жорстка полімерна гратка формує з щебеневим матеріалом безкінечну плиту заданої товщини і з необхідними властивостями. Далі завдяки сформованій просторовій споруді вдається сприймати та перерозподіляти напруження на значно більшу площа і в такий спосіб забезпечувати потрібну міцність для влаштування вище влаштованих шарів [14, 15].

Шари з матеріалів, влаштованих за технологією холодного ресайклінгу через обробку малою кількістю в'яжучих мають недостатній опір дії коліс автотранспорту, а тому поверх цих шарів

потрібно влаштовувати шар покриття з матеріалів, що забезпечать опір динамічній дії коліс. Згідно з ДБН В.2.3-4:2015 [16] у **табл. 8.1** для дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу наводяться такі матеріали дорожнього покриття, як асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий або влаштування шару зносу з поверхневої обробки чи литої емульсійно-мінеральної суміші ("Сларрі Сілл", "Мультимак" тощо).

Нижче наведені результати розрахунків згідно з ГБН В.2.3-37641918-559:2019 [17] варіантів ремонту дорожнього одягу за традиційним та альтернативним підходом для автомобільної дороги з покриттям одягу вдосконаленого полегшеного типу.

Наявна конструкція складається з таких шарів:

- асфальтобетонне покриття товщиною 6 см;
- шар щебеню товщиною 15 см, влаштований способом просочення на глибину 6 см;
- шлаковий щебінь товщиною до 20 см;
- ґрунт земляного полотна (суглинок пилуватий).

Вихідні умови проектування:

- Кіровоградська область;
- категорія автомобільної дороги – 4;
- покриття – асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий на БНД 70/100;
- розрахункове осьове навантаження – 100 кН;
- потрібний модуль пружності – 185 МПа.

Відповідно до результатів інструментального обстеження виявлено, що фактичний модуль пружності становить 120 МПа. З огляду на те, що мінімальний модуль пружності для доріг четвертої категорії з покриттям одягу вдосконаленого полегшеного типу має становити 150 МПа, необхідно виконати ремонт дорожнього одягу.

Перед виконанням розрахунків визначено, що в умовах фрезерування наявного дорожнього одягу



Рис. 2. Робота ресайклера, який одночасно з виготовленням суміші влаштовує шар за допомогою асфальтоукладальника [1]

на глибину 6 см модуль пружності основи становить близько 85 МПа, а на глибину 10 см – 75 МПа.

Розроблено два варіанта ремонту дорожнього одягу за традиційним та альтернативним підходом для автомобільної дороги з покриттям одягу вдосконаленого полегшеного типу.

Варіант 1

1. Асфальтобетон. АСГ.Др.П.Б.НП.ІІ.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – 5 см;
Підгрунтовка – ЕКШ-50 згідно з ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0,4 л/м².
2. Асфальтобетон. АСГ.Кр.П.А_Б.НП.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – 10 см;
Підгрунтовка – ЕКШ-50 згідно з ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0,4 л/м².
3. МДХР.Кв.М20 ДСТУ 8976:2020 матеріал дорожній, виготовлений за технологією холодного ресайклінгу за технологією "на дорозі" з додаванням нового матеріалу (50% за масою) з використанням комплексного в'яжучого – 0,12 см;
4. Основа дорожнього одягу (після фрезерування на глибину 6 см).

Варіант 2

1. Асфальтобетон АСГ.Др.П.Б.НП.ІІ.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – 5 см;
Підгрунтовка – ЕКШ-50 згідно з ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0,4 л/м².
2. МДХР.ОВ-ЕС.Кз-ДСТУ 8976 матеріал дорожній, виготовлений за технологією холодного ресайклінгу "в установці" з додаванням нового матеріалу (40% за масою) з використанням органічного в'яжучого в емульгованому стані – 0,12 см;
3. МДХР.Кв.М20-ДСТУ 8976 матеріал дорожній, виготовлений за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з додаванням нового матеріалу (50% за масою) з використанням мінерального в'яжучого – 0,17 см;
4. Основа дорожнього одягу (після фрезерування на глибину 12 см).



Рис. 3. Результати розрахунку конструкції дорожнього одягу варіанту 1

Результати розрахунків (рис. 3, 4) демонструють, що наведені варіанти конструкцій дорожнього одягу відповідають вимогам ГБН В.2.3-37641918-559:2019 [17] за всіма критеріями міцності. Техніко-економічний аналіз цих варіантів показує, що варіант 2 передбачає повторне використання близько 17 см, на відміну від варіанту 1, де повторне використання становить 6 см, тобто більше ніж три рази.

Такий підхід дає змогу отримувати зниження вартості ремонту дорожнього одягу завдяки зменшенню витрат енергії для приготування асфальтобетону, оскільки виготовлення матеріалів за технологіями холодного ресайклінгу не передбачає нагрівання матеріалу ні у процесі фрезерування, ні під час виготовлення сумішей.

Також цей підхід дозволяє економити кількість органічного в'яжучого, враховуючи те, що на приготування асфальтобетонів необхідно бітуму від 4 до 6% за масою, а для МДХР.ОВ-ЕС.Кз – близько 2,0% за масою.

Висновки

За результатом пошукових досліджень із застосуванням комп'ютерного моделювання багатошарової конструкції, розглянуте завдання щодо більш широкого повторного застосування дорожньо-будівельних матеріалів. Запропонований альтернативний підхід до ремонту дорожнього одягу вдосконаленого полегшеного типу, який передбачає замість верхнього шару основи з асфальтобетону влаштовувати шар із матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу в установці з використанням органічного в'яжучого. Нижній шар основи пропонують влаштовувати з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерально-або комплексного в'яжучого.

Рекомендовано СХР із використанням органічного в'яжучого виготовляти за технологією хо-



Рис. 4. Результати розрахунку конструкції дорожнього одягу варіанту 2

лодного ресайклінгу в установці з асфальтобетонної крихти та нових мінеральних матеріалів (не більше ніж 40% за масою), це дозволяє забезпечити достатню однорідність суміші. Товщина шару з таких сумішей не має перевищувати 12 см.

У процесі приготування можуть бути застосовані катіонні високостабільні бітумні емульсії або спінений бітум. У підборі зернового складу СХР із використанням катіонної бітумної емульсії або спіненого бітуму слід звертати особливу увагу на забезпечення вимог до зернового складу згідно з ДСТУ 8976:2020. У разі надмірного зволоження асфальтобетонної крихти рекомендується для досягнення необхідного обволікання застосовувати до 1,5% за масою цементу. Вміст катіонної бітумної емульсії або спіненого бітуму залежить від кількості бітуму в асфальтобетонній крихті.

Нижній шар основи пропонують посилити шляхом влаштування шару основи з матеріалу дорожнього, виготовленого за технологією холодного ресайклінгу "на дорозі" з використанням мінерального або комплексного в'яжучого. Обробка фрезерованого матеріалу мінеральним чи комплексним в'яжучим дозволяє ліквідувати неоднорідність у складі матеріалу. Проведений лабораторний аналіз проб, відібраних під час виконання робіт на дорозі, показує, що у процесі перемішування зерна щебеню та мінерального в'яжучого рівномірно розподіляються за об'ємом.

Комбінований підхід вирішує екологічні питання щодо повної утилізації бітумомісних матеріалів, а також дозволяє знизити вартість ремонту дорожнього одягу завдяки зменшенню витрат енергії як на видобування і транспортування нових матеріалів, так і на висушування та нагрівання матеріалів, оскільки за технологіями холодного ресайклінгу не передбачається нагрівання ні у процесі фрезерування, ні під час виготовлення суміші.

Література

1. Електронне посилання <https://www.wirtgen-group.com/ocs/en-us/wirtgen/recyclers-and-soil-stabilizers-65-c>.
2. Vurozhemskiyy V. K., Golovko S. K., Cold recycling – efective technology of restoration of pavements. Kielce, 2004.
3. Рекомендації по холодному ресайклінгу дорожнього одягу комплектом машин WR 2500 та WM 1000 P B.3.2-218-03450778-301-2004.
4. Рецикливання дорожніх одягів. Ч. 1-3. Під редакцією В. Жданюка і Д. Сибільського, Харків, 2006.
5. ВБН В.2.3-218-539:2007 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування з холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон.
6. ВБН В.2.3-218-545:2009 Споруди транспорту. Укріплення та стабілізація шарів дорожнього одягу за методом холодного ресайклінгу.
7. SOU 45.2-00018112-061:2011. Budівельні матеріали. Суміші органо-мінеральні дорожні з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, виготовлені за методом холодного ресайклінгу. Технічні умови.
8. DSTU 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови.
9. DSTU 8978:2020 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу.
10. DSTU Б.В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
11. TU U 42.1-21483639 – 006:2020 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дисперсно-армовані волокнами Forta®. Технічні умови.
12. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
13. DSTU 8888:2019 Георешітки полімерні жорсткі тривіноорієнтовані. Загальні технічні вимоги.
14. Головко С. К. Армування – ефективний шлях підвищення працездатності незв'язних шарів дорожнього одягу. Дорожня галузь 2012 р.
15. Головко С. К. Нові підходи у підвищенні капітальноності дорожніх одягів при їх ремонті Збірник "Дороги і мости" вип. 22 С. 86-94. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.086>.
16. DBN B.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II.
17. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.

References

1. Electronically <https://www.wirtgen-group.com/ocs/en-s/wirtgen/recyclers-and-soil-stabilizers-65-c>.
2. Vurozhemskiyy, V. K., Golovko, S. K., Cold recycling – efective technology of restoration of pavements. Kielce, 2004.
3. Recommendations for cold recycling of road load with a set of machines WR 2500 and WM 1000 P B. 3.2-218-03450778-301-2004.
4. Recycling of road clothes. Part 1-3. Edited by V. Zhdanyuk and D. Sibilskyi, Kharkiv, 2006.
5. VBN V.2.3-218-539: 2007 Set up transport. Vlashtuvannya spheres of the road haulage of automobile roads zagalnaya koristuvannya from cold summits, which is to take revenge on milling asphalt concrete.
6. VBN V.2.3-218-545: 2009 Set up transport. Strengthening and stabilizing the balls of road traffic using the method of cold recycling.
7. SOU 45.2-00018112-061: 2011. Good news. The sum of organo-mineral road materials from milling road materials, prepared using the method of cold recycling. Technical mind.
8. DSTU 8976: 2020 Road materials prepared for cold recycling technology. Technical mind.
9. DSTU 8978: 2020 Nastanov for the regulation of the road dressing for the technology of cold recycling.
10. DSTU B V.2.7-119: 2011 Sumy asphalt concrete and asphalt concrete road and aerodromny. Technical mind.
11. TU U 42.1-21483639-006: 2020 Sumy asphalt concrete and asphalt concrete dispersed – reinforced with Forta® fibers. Technical mind.
12. GBN V.2.3-37641918-544: 2014 Automobile roads. Stagnation of geosynthetic materials in road constructions. Main vimogs.
13. DSTU 8888: 2019 Geo-grids of polymeric zhorstki trivinoorientovani. General technical vimogi.
14. Golovko, S. K. Reinforcement is an effective way to improve the performance of loose layers of pavement. Road industry 2012.
15. Golovko, S. K. New approaches in increasing the capital of road clothes during their repair Collection "Roads and Bridges" vol. 22 pp. 86-94 DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.086>.
16. DBN B.2.3-4: 2015. Highways. Part I. Design Part II.
17. GBN B.2.3-37641918-559: 2019 Non-rigid road clothes. Designing.

УДК 624.21:625.745.1

© В. П. Редченко, докт. техн. наук, провідний науковий співробітник,
e-mail: rvp50@meta.ua,
ORCID: 0000-0001-5938-1467
(ДП "ДерждорНДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-36-42

© Vasyl Redchenko, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.),
Leading Researcher,
e-mail: rvp50@meta.ua,
ORCID: 0000-0001-5938-1467
(DerzhdorNDI SE)

ПРО ВИЗНАЧЕНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

ПРО ВИЗНАЧЕНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ

Анотація. Представлено інформацію та критичні зауваження щодо національного стандарту з визначення технічного стану автодорожніх мостів. Виконано аналіз положень стандарту з урахуванням практичного досвіду його використання. Подані пропозиції щодо покращення його змісту.

Ключові слова: автодорожній міст, вантажопідйомність, стандарт, технічний стан.

Аннотация. Представлено информацию и критические замечания о национальном стандарте по определению технического состояния автодорожных мостов. Проведен анализ положений стандарта с учетом практического опыта его использования. Даны предложения по улучшению его содержания.

Ключевые слова: автодорожный мост, грузоподъемность, стандарт, техническое состояние.

Abstract. Information and critical remarks on the national standard for determining the technical condition of road bridges are presented. The analysis of the provisions of the standard, taking into account the practical experience of its use. Suggestions for improving its content are given.

Keywords: road bridge, carrying capacity, standard, technical condition.

Вступ

У сучасному світі розвиток будь-якої технічної галузі неможливо уявити без стандартів, які дозволяють великій кількості людей працювати ефективно та злагоджено. Не є винятком і сфера експлуатації мостів. Численні стандарти регламентують технологічні процеси, виробництво матеріалів та різних деталей, які необхідні для експлуатації мостів. З розвитком інженерної науки щодо визначення технічного стану та залишкового ресурсу мостів, що експлуатуються, з'явилася потреба і в стандарті на ці процедури.

Наприкінці 2002 року Укравтодором були затверджені та введені в дію відомчі норми ВБН В.3.1-218-174-2002 [1]. Ці норми, розроблені під керівництвом докт. техн. наук А. І. Лантуха-Ляшенка, вперше у вітчизняній практиці дали алгоритми визначення технічного стану, надійності та залишкового ресурсу конструктивних елементів мостів. Їхня особливість полягає в тому, що якісні показники технічного стану конструкції

були поставлені у відповідність з кількісними показниками її надійності. "Математичний" підхід дозволив значною мірою зменшити суб'єктивну складову процесу оцінки технічного стану конструкції, що дало змогу залучити більшу кількість працівників із середнім рівнем інженерної підготовки. Для вирішення поставленого завдання паспортизації великої кількості мостів це мало вирішальне значення. Відповідно, запропонована модель, незважаючи на її недоліки, які здебільшого полягали в суттєвих спрощеннях моделі деградації окремих конструкцій та споруди загалом, була прийнята за основу з тим, щоб надалі її доопрацювати.

У 2009 році більшість положень ВБН В.3.1-218-174 та модель деградації конструкції (без змін) уже стали основою стандарту України ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 [2]. Нині цей стандарт діє вже у редакції 2012 року [3]. Майже готова до введення в дію чергова редакція стандарту [4], що і спонукало автора до написання цієї статті,

оскільки за 20 років виконання робіт за означенім вище стандартом набралося багато зауважень до його певних положень, які, на жаль, повторюються і в черговій редакції. Стаття не претендує на істину в останній інстанції, скоріше – це запрошення до широкої дискусії.

Основна частина

Про терміни, технічний та експлуатаційний стан. Будь-яка наука бере початок від термінології, однакове розуміння певних понять різними людьми – це основа успішного її розвитку. Аналогічне правило стосується і стандартів. Саме тому на початку кожного стандарту подано розділ, присвячений вжитим термінам та визначенням. Стандарт, який ми розглядаємо (далі "стандарт"), у своїй назві та в назві його розділів має термін "технічний стан", у тексті розділів застосовують термін "експлуатаційний стан". Наприклад, у [4] йдеться: "5.1.1 Оцінювання технічного стану елементів мостів базується на класифікації, наведений у таблиці 4.1". Але в означеній таблиці подана класифікація станів, які вже називаються "експлуатаційними". І схожих моментів у тексті стандарту дуже багато, що вносить плутанину та суб'єктивізм.

У чинних національних будівельних нормах [5-9] застосовують лише термін "технічний стан", термін "експлуатаційний стан" відсутній. У світовій практиці для визначення стану мостових конструкцій також використовують термін

"technical conditions" (технічний стан) [10-15]. У технічних нормах Росії, з якою у нас іще 20 років тому були спільні норми проєктування, також є лише термін "технічний стан" [16-19].

Чому ж у стандарті застосовують термін "експлуатаційний стан"? Для пояснення треба повернутися до початкового документу – ВБН [1]. На час його затвердження національними нормами для мостів було визначено 4 технічні стани (як і для інших будівельних конструкцій). Для ймовірної моделі деградації, яка закладалася у ВБН, потрібно було мати 5 станів, що є оптимальною кількістю для цієї моделі [18], тому було введено паралельне поняття про 5 "дискретних станів", водночас технічних станів залишалося 4. У процесі підготовки національного стандарту [2] термін "дискретний стан" у всіх місцях тексту ВБН технічно замінили на "експлуатаційний стан". З прийняттям у 2009 році нових норм на обстеження мостів [5], коли технічних станів моста теж стало 5, різниця між цими двома термінами зовсім стерлася. В **табл. 1** подані визначення термінів, приведених у документах різних років.

Як бачимо, визначення терміну "технічний стан" є практично незмінним і воно відповідає визначенню в інших будівельних нормах [5-9]. За своїм визначенням "експлуатаційний стан" – це той самий технічний стан, і яка між ними різниця, зрозуміти важко. Вважаю, що треба вибрати

Таблиця 1

Визначення терміну "технічний стан" та паралельного йому терміну

Рік	Термін "технічний стан"	Паралельний термін
2002	Технічний стан споруди – сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність споруди та її конструкцій	Дискретний стан – технічний стан, що описується добіркою числових і неформальних характеристик, у межах яких елемент моста зостається протягом однієї п'ятої частини життєвого циклу
2009	Технічний стан споруди – сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність споруди та її конструкцій	Експлуатаційний стан – технічний стан, що описується добіркою загальноприйнятих числових і неформальних лінгвістичних характеристик
2012	Технічний стан споруди – сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність споруди та її конструкцій	Експлуатаційний стан – технічний стан, що описується добіркою числових і неформальних лінгвістичних характеристик, які надаються у цьому стандарті
2021	Технічний стан споруди – сукупність якісних та кількісних показників, що характеризують експлуатаційну придатність споруди	Експлуатаційний стан – технічний стан, що визначає ступінь відповідності нормативним вимогам параметрів і характеристик елементів конструкції, конструкції або споруди, які можуть змінюватись у процесі експлуатування

та залишити один із цих термінів. Термін "технічний стан" є загально розповсюдженим, то саме він і має залишитися. Терміни "експлуатаційна придатність" та "експлуатаційна оцінка" є також розповсюдженими термінами, тому в цьому стандарті вони цілком доречні.

Про уточнення технічного стану визначенням вантажопідйомності. Технічний стан конструкції визначається її експлуатаційною придатністю, тобто здатністю відповідати своєму експлуатаційному призначенню. Для мостових конструкцій основне призначення – це пропуск тимчасового навантаження. Саме тому значення вантажопідйомності для конструкцій моста і є головним критерієм, який визначає їхній технічний стан. Наприклад, конструкція може мати численні дефекти, але її несна здатність цілком дозволяє пропуск сучасних нормативних навантажень, і другий випадок, коли бездефектна конструкція має низьку несну здатність і доводиться ставити знак обмеження маси транспортних засобів. Очевидно, що технічний стан першої, більш міцної конструкції, варто оцінити як кращий, ніж другої, слабкішої конструкції. В стандарті подана таблиця, в якій приведено діапазони зменшення вантажопідйомності та відповідні їм технічні стани. На жаль, порівняно з ВБН ця таблиця з 14 рядків, де кожен стан, окрім 1-го та 5-го, розбивався на 4 підстані, скорочена до 5, тому уточнення в межах певного стану стало більш суб'ективним. Особливо це стосується 4-го стану, де діапазон зменшення вантажопідйомності становить 25%. Але найгірше це те, що ніде в стандарті не йдеться, відносно чого визначати зниження вантажопідйомності. А цю величину можна визначити відносно: проектних навантажень, за якими міст збудовано, чинних навантажень, маси транспорту в колоні, одиночного транспортного засобу, навантаження на вісь тощо. На обговоренні проекту чергової редакції стандарту один з авторів відповів на це запитання так: визначати треба відносно проектних навантажень, що цілком логічно для моделі старіння конструкції – є певна початкова несна здатність, яка з часом зменшується. Але технічний стан визначають насамперед забезпеченням експлуатаційної придатності і тут початкова несна здатність, якщо вона навіть не змінилася, буває недостатньою для сучасних вимог експлуатації. Наприклад, конструкції, спроектовані під навантаження Н-10, навіть без дефектів мають недостатні характеристики для їхньої експлуатації без обмежень. Тоді, за наданим поясненням та при-

веденю у стандарті таблицею, ми повинні визначити технічний стан конструкції як 1-й чи 2-й (адже немає зниження вантажопідйомності відносно до норм проєктування), а за експлуатаційною придатністю, оскільки є обмеження руху транспорту, це стан 4-й. Як бачимо, ми маємо невідповідність.

Для пояснення знову повернемося до ВБН, де була таблиця з 14-ма рядками, із поділом станів на підстані. Цей, більш детальний поділ, був необхідний для його подальшого використання в алгоритмі визначення залишкового ресурсу, і в якому поділ на підстані залишився і донині, але про те, як їх визначати в стандарті, вже не йдеться. Для визначення залишкового ресурсу треба використовувати модель старіння (чи деградації) і тут дійсно потрібно знати, як змінилася несна здатність конструкції за час її експлуатації. Але, як показано вище, для визначення технічного стану необхідно вантажопідйомність оцінювати порівняно з експлуатаційними потребами – для мостів, як і для доріг, це визначені [19] максимальні вагові характеристики транспортних засобів, яким дозволено рухатися дорогою даної категорії без обмежень.

Вважаю, що треба розділити аналіз зниження вантажопідйомності за двома напрямами: для використання в моделі старіння – відносно початкової несної здатності; для визначення технічного стану – відносно вагових характеристик транспортних засобів, яким дозволено рухатися дорогою даної категорії без обмежень.

Про модель деградації та визначення залишкового ресурсу. Правильне визначення залишкового ресурсу мостів є дуже важливим для планування черговості їхніх ремонтів, тим паче за умови обмеженого фінансування. З розвитком методів теорії ймовірності, особливо після впровадження цих методів в алгоритми визначення надійності будівельних конструкцій наприкінці 20-го століття, застосування цих методів для визначення залишкового ресурсу будівельних конструкцій стало загально визнаним. Саме тому 2002 року в практику визначення залишкового ресурсу мостів було впроваджено ймовірнісну модель деградації [1]. Цьому передувало широке обговорення спеціалістами галузі і, як я вже наголошував на початку, незважаючи на її явні недоліки, модель прийнято з метою подальшого її доопрацювання.

Модель деградації, прийнята у ВБН, виражена такою математичною формулою для надійності конструкції:

$$P_i = 1 - 0,008333 (\lambda t)^5 \lambda^{-et} \quad (1)$$

де:

P_i – надійність елемента в i -му експлуатаційному стані;
 λ – параметр, інтенсивність відмов (постійна, яка визначається відповідно до технічного стану конструкції);
 $e = 2,718$; t – час.

Розглянемо недоліки цієї моделі. Насамперед це дуже спрощений підхід до процесу старіння конструкції, який можна застосувати в певних випадках, але який сумнівно працює для системи конструкцій, коли деградація однієї конструкції починається після зношення іншої. Наприклад, прогонова будова починає інтенсивно зношуватися лише після виходу з ладу гідроізоляції. Це означає, що інтенсивність відмов не є постійною в часі, як закладено в моделі. Інші питання виникали щодо формул (1). На рис. 1 представлена графік цієї функції. Як бачимо, з плином часу надійність, досягши мінімального значення у 0,825, починає зростати, що не відповідає практиці. Для розрахунків взято лише початковий відрізок кривої, і тут знову постає питання: чому саме на діапазоні вірогідності від 0,999844 (1-й стан) до 0,958351 (5-й стан). Адже надійність 0,958351 (відповідає 5% вірогідності відмови) є допустимою величиною у проєктуванні навіть нових споруд. Так, у Росії [20] відповідний діапазон надійності було прийнято в межах 0,9998 (працездатний) до 0,5 (аварійний стан), а за надійності 0,9 рекомендували починати проводити ремонтні роботи (обмежено працездатний стан). І там, і тут стверджували, що дані відповідають чинним алгоритмам проєктування будівельних конструкцій за граничними станами, які тоді були в нас однаковими.

Модель була прийнята за основу і, на жаль, перебувала у використанні без змін майже 20 ро-

ків. У черговій редакції [4] формулу змінено до такого вигляду:

$$P_t = (1 + \lambda \cdot t + \frac{\lambda^2 \cdot t^2}{2} + \frac{\lambda^3 \cdot t^3}{6}) \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Графік цієї функції представлено на рис. 2, для практичного використання знову ж таки береться лише початкова ділянка, яка практично повністю збігається з попереднім графіком з відношенням $\lambda(1)/\lambda(2) = 1,64$ (рис. 3), і тому не змінює сутності початкової моделі.

В загалі формула (1) на "робочій" ділянці легко апроксимована і значно простішими виразами, наприклад, кубічною параболою чи функцією надійності в її класичному представленні [21]. У цій моделі вигляд формулі не має значення, адже алгоритм визначення залишкового ресурсу базований на визначені номеру технічного (чи дискретного) стану конструкції, який визначається за таблицями, далі за номером стану визначається певний параметр, пов'язаний з інтенсивністю відмов та строком служби конструкції і нарешті визначається залишковий ресурс. Отже, залишковий ресурс залежить тільки від номера технічного стану та терміну експлуатації. За інте-

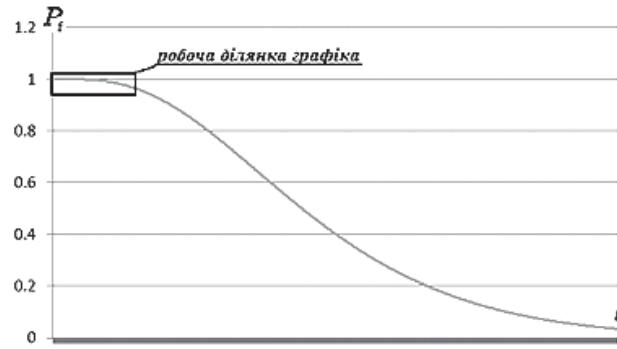


Рис. 2. Графік зміненої функції деградації (2)

(7)

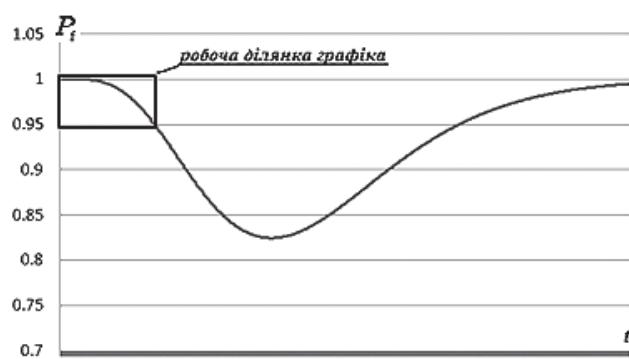


Рис. 1. Графік функції деградації (1)

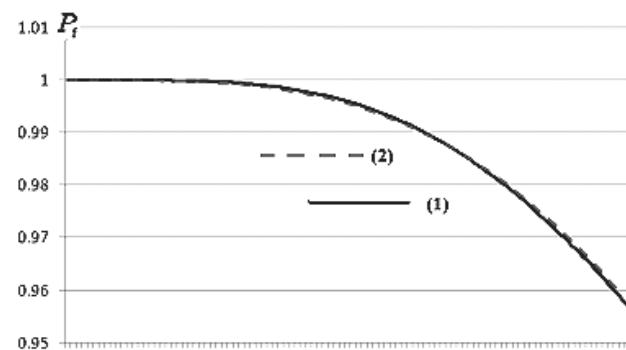


Рис. 3. Робочі ділянки графіків початкової (1) та зміненої функції деградації (2)

нсивністю відмов формула "замикається" сама на себе, саме тому її вигляд не має значення. Якщо коротко, то алгоритм визначення залишкового ресурсу за чинним стандартом [3] можна представити такою простою формулою:

$$T_{pec} = \frac{5t_i}{N_i} - t_i = \frac{(5-N_i)}{N_i} t_i \quad (3)$$

де:

N_i – номер стану, t_i – час експлуатації.

Визначення залишкового ресурсу зведене до двох кроків:

1. Визначаємо стан конструкції (N_i) та встановлюємо час експлуатації (t_i).

2. За формулою (3) визначаємо залишковий ресурс.

Звісно, в такому представленні модель має "несолідний" вигляд і ніхто б, певно, не затвердив її у стандарті, але "маємо те, що маємо".

Алгоритм уточненої формули (2), яку пропонують у черговій редакції стандарту [4], зведені до трішки "складнішої" формули (4):

$$T_{pec} = \frac{(5,06 - N_i)}{N_i} t_i \quad (4)$$

Щоб уникнути математичних викладок на доказ сказаного, в **табл. 2** приведені результати визначення залишкового ресурсу за чинним стандартом та за формулою (3).

Як бачимо, різниця в результатах за обома алгоритмами не перевищує половини року. До того ж у таблицях зі стандарту зроблені округлення до цілих значень років, тому різниці можливі і внаслідок такого округлення.

Використання моделі деградації з постійною в часі інтенсивністю відмов, у якій враховано мінімум параметрів (лише номер стану та час експлуатації) і не враховані стан суміжних конструкцій, швидкість розвитку дефектів, умови та режим експлуатації і т. п., може приводити до несподіваних результатів.

Розглянемо наступний приклад. Припустімо, що маємо прогонову будову, яка експлуатується 30 років, обстеженням встановлено, що її стан – 3A. Тоді її залишковий ресурс становить 16,3 років (**табл. 2**, рядок 4). Повторно обстеживши прогонову будову через 10 років (тобто термін її експлуатації – вже 40 років), встановлюємо, що вона все ще перебуває у стані 3A (що на практиці є дуже вірогідним). Тепер її залишковий ресурс становить 21,6 років (**табл. 2**, рядок 5). Отакої, конструкція стала старішою, а її залишковий ресурс збільшився, очевидно, що визначення залишкового ресурсу є помилковим. У своїй практиці такі випадки зустрічають майже постійно, що примушує червоніти за зроблені у звітах про обстеження висновки (алгоритм має статус обов'язкового). Ймовірно, саме це і підштовхнуло до детальнішого аналізу моделі деградації.

Вважаю, що чинна модель деградації та алгоритм визначення залишкового ресурсу повинні бути замінені на багаторівневі моделі, які мають змінну в часі інтенсивність відмов та враховують переходні періоди залежно від стану суміжних конструкцій.

Про експертну експлуатаційну оцінку. Експертна експлуатаційна оцінка слугує в системі управління мостами показником потреби виконання ремонтів та їхньої черговості. Визначають її за чинним стандартом за такою формулою:

Таблиця 2

Порівняння результатів визначення залишкового ресурсу

	t_i , роки	Стан/номер N_i	Алгоритм стандарту (дод. Г)			Алгоритм після спрощення (3), T_{pec} , роки.	Різниця, роки
			λ_{ij} (за табл. Г1)	t_s (за табл. Г2), роки	$T_{pec} = t_s - t_i$ роки		
1	20	2A/2,25	0,0476	44,5	24,5	24,4	0,1
2	30	2B/2,75	0,0385	54,5	24,5	24,5	0,0
3	40	3/3,0	0,0315	67,0	27,0	26,7	0,3
4	30	3A/3,25	0,0457	46,3	16,3	16,2	0,1
5	40	3A/3,25	0,0342	61,6	21,6	21,5	0,1
6	50	3B/3,75	0,0314	67,0	17,0	16,7	0,3
7	30	4A/4,25	0,0588	35,7	5,7	5,3	0,4
8	50	4B/4,75	0,0397	52,1	2,1	2,6	0,5

$$E = \frac{80(5 - \sum_{i=1}^7 \alpha_i D_i)}{4} + 20 \quad (5)$$

де:

D_i – номер експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди; α_i – коефіцієнти впливу стану i -го елементу на загальний стан споруди.

Ця формула незмінна з 2002 року, змін зазнали лише певною мірою коефіцієнти впливу. Бажання її покращити призвело до того, що в новій редакції стандарту вона замінена аж на 7 формул та ще й із досить нечіткими поясненнями. У формули закладено різні комбінації коефіцієнтів впливу залежно від стану несних конструкцій: прогонових будов, опор та фундаментів. Тобто ми для певних станів конструкцій просто комбінуємо різні варіанти їхнього впливу на необхідність ремонту. Незрозуміло, чим новий алгоритм кращий за попередній, і де докази, що ранжування буде точнішим. На мою думку, варто не уточнювати алгоритм (5) у бік уточнення в сотих частках коефіцієнтів впливу, а приділити увагу розширенню дискретних станів конструкцій залежно від інтенсивності розвитку їхніх дефектів, впливу на вантажопідйомність та значення споруди (дороги). Можна врахувати досвід китайських колег [10], де алгоритм ранжування мостів є подібним до нашого, але має більше груп конструктивних елементів та кожен із 5-ти станів ще уточнюють за іншими показниками шляхом додавання чи віднімання певної кількості балів.

Висновки

Практика двадцятирічного застосування стандарту щодо визначення технічного стану мостів показала, що його положення потребують суттєвих змін. Аналіз чергової редакції стандарту демонструє, що внесені зміни є формальними, а тому не вправляють помилок чинного стандарту. Доцільно відкласти введення чергової редакції стандарту та доопрацювати його зміст.

Література

1. ВБН В.3.1-218-174-2002 Мости та труби. Оцінка технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються [не діє].
2. DSTU-N Б В.2.3-23:2009 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [не діє].
3. DSTU-N Б В.2.3-23:2012 Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [чинний].
4. DSTU XXXX:20XX Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [проект, остаточна редакція].
5. DBN В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування.

6. DBN 362-92 Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації.

7. DBN В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд.

8. DBN В.1.2-XX:20XX Експлуатаційна придатність будівель та споруд. Основні положення [проект].

9. DSTU-N Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.

10. Jinquan Zhang, Pengfei Li, Yan Mao, Zhenhua Dong, Zhenyu Jiang. Technical Conditions Survey of Simple-Support Bridges in a Severe Cold Region in Northeast China. Research Institute of Highway Ministry of Transport, Beijing, PR China. 2018. <https://opencivilengineeringjournal.com/volume/12/page/122/fulltext>.

11. Tarek Omar and Moncef L. Nehdi. Condition Assessment of Reinforced Concrete Bridges: Current Practice and Research Challenges. 2018. Infrastructures 2018, 3, 36. www.mdpi.com/journal/infrastructures.

12. Andris Paeglis, Ainars Paeglis "Simple classification method for the bridge capacity rating" Scientific Journal of Riga Technical Universiti, 2010, Vol. 10, p. 44-50.

13. Maria Rashidi, Peter Gibson. A methodology for bridge condition evaluation. Faculty of Engineering and Information Sciences. 2012. <https://ro.uow.edu.au/eispapers/351>.

14. Condition Assessment of Bridges: Past, Present and Future. A Complementary Approach. Universidade Catolica Editora, Unipessoal, 199 p. Lda. 2013. ISBN: 978-972-54-0402-7.

15. Estimation of load carrying capacities of bridges based on damage and deficiency/ ISBN 978-2-84060-366-5/ Report of World Road Association (PIARC) Committee 4.3 Road Bridges. 2016. 156 p.

16. ОДМ 218.4.025-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъемности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть.

17. Шестериков В. И. Оценка и прогнозирование состояния мостов на автомобильных дорогах в системе управления их эксплуатацией: автореферат докторской / В. И. Шестериков. – М., 2004. – 64 с.

18. Соколов В. А. Категории технического состояния строительных конструкций зданий при их диагностике вероятностными методами // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-6. – С. 1159-1164.

19. Правила дорожнього руху, затверджені постановою Кабінету Міністрів від 10 жовтня 2001 року № 1306 (зі змінами).

20. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов / ГП РосдорНИИ. – М.: Верстка, 2001. – 128 с.

21. Ржаницин А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.

References

1. VBN V.3.1-218-174-2002 Mosty ta truby. Otsinka tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv, shcho ekspluatuyut'sya [ne diye].
2. DSTU-N B V.2.3-23:2009 Nastanova z otsinyuvannya i prohnozuvannya tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv [ne diye].
3. DSTU-N B V.2.3-23:2012 Nastanova z otsinyuvannya i prohnozuvannya tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv [chynnyj].
4. DSTU KhKhKhKh:20KhKh Nastanova z otsinyuvannya i prohnozuvannya tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv [proyekt, ostatechna redaktsiya].
5. DBN V.2.3-6:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennya i vyprobuvannya.
6. DBN 362-92 Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh konstruktsiy vyrobnychych budivel' i sporud, shcho znakhodyat'sya v ekspluatatsiyi.
7. DBN V.1.2-14:2018 Zahal'ni prntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel' ta sporud.

8. DBN V.1.2– KhKh:20KhKh Ekspluatatsiya prydantist' budivel' ta sporud. Osnovni polozheniya [projekt].
9. DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vyznachennya ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu.
10. Jinquan Zhang, Pengfei Li, Yan Mao, Zhenhua Dong, Zhenyu Jiang. Technical Conditions Survey of Simple-Support Bridges in a Severe Cold Region in Northeast China. Research Institute of Highway Ministry of Transport, Beijing, PR China. 2018. <https://opencivilengineeringjournal.com/volume/12/page/122/fulltext>.
11. Tarek Omar and Moncef L. Nehdi. Condition Assessment of Reinforced Concrete Bridges: Current Practice and Research Challenges. 2018. Infrastructures 2018, 3, 36. www.mdpi.com/journal/infrastructures.
12. Andris Paeglis, Ainars Paeglis "Simple classification method for the bridge capacity rating" Scientific Journal of Riga Technical Universiti, 2010, Vol. 10, p.44-50.
13. Maria Rashidi, Peter Gibson. A methodology for bridge condition evaluation. Faculty of Engineering and Information Sciences. 2012. <https://ro.uow.edu.au/eispapers/351>.
14. Condition Assessment of Bridges: Past, Present and Future. A Complementary Approach. Universidade Catolica Editora, Unipessoal, 199 r. Lda. 2013. ISBN: 978-972-54-0402-7.
15. Estimation of load carrying capaciti of bridges based on damage and deficiency/ ISBN 978-2-84060-366-5/ Report of World Road Association (PIARC) Committee 4.3 Road Bridges. 2016. 156 p.
16. ODM 218.4.025-2016 Metodycheskiye rekomendatsyy po opredelenyyu hruzopodъemnosti ekspluatyruemых mostovykh sooruzhenyy na avtomobyl'nykh dorohakh obshchego pol'zovanyya. Obshchaya chast'.
17. Shesterykov V. Y. Otsenka y prohnozyrovanye sostoyanyya mostov na avtomobyl'nykh dorohakh v sisteme upravlenyya ykh ekspluatatsyey: avtoreferat dyssertatsyy / V. Y. Shesterykov. – M., 2004. – 64 s.
18. Sokolov V. A. Kategory tekhnicheskoho sostoyanyya stroytel'nykh konstruktsyy zdannyy pry ykh dyahnostyke veroyatnostnymu metodamy // Fundamental'nye yssledovanyya. – 2014. – № 6-6. – S. 1159-1164.
19. Pravyla dorozhn'oho rukhu, zatverdzheni postanovoyu Kabinetu Ministriv vid 10 zhovtnya 2001 roku # 1306 (zi zminamy).
20. Metodyka raschetnoho prohnozyrovanya sroka sluzhbvy zhelezobetonnykh proletnykh stroenyy avtodorozhnykh mostov / HP RosdorNYY. – M.: Verstka, 2001. – 128 s.
21. Rzhanitsyn A. R. Teoryya rascheta stroytel'nykh konstruktsyy na nadezhnost'. – M.: Stroyzdat, 1978. – 239 s.

УДК 625.746.5

© Ю. Г. Гостев, завідувач відділу,
e-mail: gostev.vdo@gmail.com,
ORCID:0000-0002-0351-9591;
© Т. С. Кострульова, провідний інженер,
e-mail: sammitanya@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-9554-1285;
(Відділ дорожньої обстановки ДП "ДерждорНДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2021-3-267-42-46

© Yuriy Hostev, Head of the Department,
e-mail: gostev.vdo@gmail.com,
ORCID:0000-0002-0351-9591;
© Tetiana Kostrulova, Lead Engineer,
e-mail: sammitanya@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-9554-1285
(Road Equipment Department of DerzhdorNDI SE)

АНАЛІЗ, ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕТОЮ ВИПРОБУВАНЬ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДОРОЖНЬОЇ РОЗМІТКИ ВІДПОВІДНО ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ НОРМ

ANALYSIS, FEASIBILITY AND POSSIBILITY OF USING MODERN EQUIPMENT FOR TESTING OF ROAD MARKING MATERIALS IN ACCORDANCE WITH THE EUROPEAN STANDARDS

Анотація. Сьогодні для влаштування розмітки на автомобільних дорогах використовують різні матеріали: фарбу, мікрокульки скляні світлоповертальні, пластики холодного та гарячого нанесення, полімерні стрічки, готові штучні форми тощо. Кожен матеріал має власний набір унікальних характеристик, пов'язаних із добговічністю, світлоповертанням, зносостійкістю, вартістю нанесення тощо. Щоб правильно вибрати матеріали для розмітки доріг, потрібно враховувати рівень навантаження на дорогу та передбачувані тер-

міни використання. З метою оптимального вибору насамперед необхідно здійснювати перевірку якісних характеристик матеріалів шляхом проведення випробувань за фізико-механічними, технологічними, функціональними характеристиками. Все частіше власники доріг висувають вимоги щодо перевірки якості матеріалів відповідно до європейських норм. У статті наведено перелік обладнання для випробувань згідно з європейськими вимогами. Наразі більшість українських лабораторій не здатна комплексно організовувати випробування відповідно до європейських стандартів. Для здійснення контролю якості матеріалів за технічними характеристиками лабораторії необхідно доукомплектовувати новим обладнанням (апарат Трегера, віскозиметр Кребса-Стормера, рентгенофлуоресцентний аналізатор, стенд для випробування на зношення тощо), а також освоювати нові методики випробувань. Через значну вартість приладів та установок (наприклад, стенду для випробування на зношення) необхідно влаштовувати експериментальні ділянки на автомобільних дорогах або ж налагоджувати контакти із європейськими лабораторіями щодо можливості передачі їм зразків матеріалів на випробування.

Ключові слова: мікрокульки скляні світлововертальні, пластик гарячого нанесення, пластик холодного нанесення, фарба.

Аннотация. Сегодня для нанесения разметки на автомобильных дорогах используют различные материалы: краску, световозвращающие стеклошарики, пластик холодного и горячего нанесения, полимерные ленты, готовые искусственные формы и т. д. Каждый материал имеет свой собственный набор уникальных характеристик, связанных с долговечностью, световозвращением, износостойкостью, стоимостью нанесения и т. д. Чтобы выбрать материалы для разметки дорог правильно, нужно учитывать уровень нагрузки на дорогу и предполагаемые сроки использования. С целью оптимального выбора прежде всего необходимо осуществлять проверку качественных характеристик материалов путем проведения испытаний по физико-механическим, технологическим, функциональным характеристикам. Все чаще владельцы дорог выдвигают требования по проверке качества материалов в соответствии с европейскими нормами. В статье приведен перечень оборудования для проведения испытаний согласно европейским требованиям. На данный момент большинство украинских лабораторий не способны комплексно проводить испытания согласно европейским стандартам. Для осуществления контроля качества материалов по техническим характеристикам лаборатории необходимо доукомплектовывать новым оборудованием (аппарат Трегера, вискозиметр Кребса-Стормера, рентгенофлуоресцентный анализатор, стенд для испытания на износ и другие), а также осваивать новые методики испытаний. Из-за значительной стоимости приборов и установок (например, стенд для испытания на износ) необходимо устраивать экспериментальные участки на автомобильных дорогах или налагживать контакты с европейскими лабораториями относительно возможности передачи им образцов материалов на испытания.

Ключевые слова: световозвращающие стеклошарики, пластик горячего нанесения, пластик холодного нанесения, краска.

Abstract. The current stage of the road sector development is characterized by the increased demand in the road marking. For the arrangement of road marking, various materials are used: paint, retroreflective glass beads, plastics of cold and hot application, polymer strips, prefabricated items, etc. Each material has its own set of unique characteristics related to durability, retroreflectivity, cost of application and life cycle. Due to the expansion of the production range of road marking materials, their choice becomes a difficult task and it should be carried out while taking into account the following requirements: normative distances of visibility must be ensured in all weather conditions 24 hours a day; long-term preservation (resistance to environmental impacts); road marking must not interfere with the vehicles movement, it should foster gliding. In order to properly select the road marking materials, the road traffic level and the predicted operation life cycle should be taken into account. For optimal selection, it is primarily necessary to review the quality characteristics of the materials through the testing of their physical, mechanical, technological and functional characteristics. Commonly, the roads owners require the quality requirements for the materials in accordance with the European standards. Technical requirements for road marking materials and methods of their testing which are lacking in the Ukrainian standards are considered. A list of equipment for the required tests according to the European standards is given. Basing on the analysis results, it can be noted that in order to ensure the compliance of the Ukrainian laboratories abilities to check the quality of technical characteristics of materials according to the European standards, the new equipment should be provided (Tregers device, Stormer viscometer, X-ray fluorescence analyzer, wear test bench and others) as well as mastering the new testing methods. Due to the high cost of the devices and equipment (for example, of the wear test bench), it is necessary to build the test sites on the roads or establish contacts with the European laboratories on the possibility of transferring the samples of materials to them for testing.

Keywords: retroreflecting glass beads, cold plastic, thermoplastic, paint.

Вступ

На сучасному етапі розвитку дорожньої галузі зростають вимоги до дорожньої розмітки. Функціональна довговічність розмітки залежить від якості матеріалів, технології нанесення та умов її експлуатації. Сьогодні розмітку влаштовують різними матеріалами: фарбою, пластиками холодного та гарячого нанесення, полімерними стрічками, штучними формами, а в окремих спеціальних випадках використовують керамічну і клінкерну бруківку, порцелянову крихту тощо [1-7]. З метою оптимального вибору матеріалів на стадії вхідного контролю необхідно здійснювати перевірку якісних характеристик шляхом проведення випробувань за фізико-механічними, технологічними, функціональними характеристиками.

Основна частина

Контроль якісних характеристик матеріалів для дорожньої розмітки здійснюють згідно з галузевими стандартами [8-11]. Нинішнього року починають діяти гармонізовані європейські стандарти щодо технічних вимог та методів випробувань матеріалів [12-17]. Проаналізувавши всі ці стандарти, можна сказати, що стосовно деяких матеріалів нормовані різні характеристики. Так, для фарби і в українському, і в європейських стандартах зазначені вимоги до координат колірності, коефіцієнта яскравості, густини, стійкості до лугів, масової частки твердих речовин, зниження коефіцієнта яскравості у процесі взаємодії з бітумом, в'язкості. Однак, у [13-14] є характеристики, відсутні у [8]: вміст органічних та не-

органічних сполук, вміст діоксиду титану, вміст золи, вміст розчинника, вміст склокульок, ступінь перемішування, старіння від ультрафіолетового випромінювання, втрата маси після ущільнення. Для проведення випробувань за цими показниками необхідне спеціальне обладнання. Для визначення втрати маси після ущільнення потрібен ущільнювальний апарат відповідно до [18]. Вартість такого приладу – близько 3000 доларів США.

Для визначення вмісту органічних сполук необхідні високошвидкісна центрифуга, роторний випарник, інфрачервоний спектрометр, ультразвуковий розподільник. Вартісним є інфрачервоний спектрометр, ціна якого варіється від 15 000 до 40 000 євро. Для визначення вмісту неорганічних сполук також використовують цей прилад, а також необхідним є прес із пресформою для виготовлення гранул.

Для визначення вмісту розчинника у фарбах та пластиках холодного нанесення застосовують хроматографічну систему: газовий хроматограф, що являє собою 30-метрову капілярну колону з покриттям 6% ціанопропілфенілу / 94% диметилполісилоксан хімічно зв'язаний із детектором іонізації полум'я. Вартість такої системи може сягати 100 000 євро. Не кожна українська лабораторія може собі дозволити придбання такого приладу.

Визначення вмісту діоксиду титану, вмісту золи та склокульок не потребує якогось специфічного обладнання, необхідні водяна баня, піщана баня, ваги, скляні колби та хімічні реактиви, такими приладами оснащена більшість лабораторій, які займаються випробуваннями дорожніх матеріалів.

В'язкість фарби відповідно до [13] випробовують за допомогою віскозиметра Кребса-Стормера, її визначають в одиницях Кребса. Вартість такого віскозиметра – від 13 000 до 50 000 грн.

Старіння матеріалів від ультрафіолетового випромінювання відбувається у камері клімату Xenotest 250, Suntest або Suntest CPS+.

Стосовно пластиків холодного та гарячого нанесення, відповідно до [13-14] визначають майже ті самі показники, що і для фарб, відмінністю є визначення зносостійкості пластиків та значення вдавлювання пластиків гарячого нанесення, такі показники відсутні в [10].

З метою проведення випробування на вдавлювання зразок пластика гарячого нанесення відливають у форми для отримання випробувальних кубів зі стороною 70 мм. Випробувальні куби витримують у формі у ванні з водою. Циліндричний штамп з площею поверхні 100 мм² встановлюють перпендикулярно до поверхні зразка і прикладають силу 525 Н. Глибина відбитка ци-

ліндричного штампа змінюється з часом та фіксується. Записують час, необхідний для поглиблення на 10 мм.

Випробування на зносостійкість пластиків проводять в апараті Трегера на зразку, який нанесений на зразок Маршала (рис. 1).

Зношення виконують голковим пістолетом, урухомленим під дією стисненого повітря. Під час випробування зразок безперервно обдувають повітрям за температури мінус 10 °С. Після проведеного випробування обчислюють втрату маси, яка є показником зносостійкості.

У [19-20] проводили лабораторні та польові випробування матеріалів на зносостійкість. У лабораторних умовах дослідження здійснювали на апараті Трегера, а в польових зносостійкість визначали в реальних умовах на автомобільній дорозі. В ході досліджень дані про втрату ваги на апараті Трегера порівнювалися з фактичним зношуванням від коліс транспортних засобів на дорозі після однієї зими. За результатами досліджень автори розробили класифікацію за класами зносостійкості в лабораторних та польових умовах і відповідності цих класів один одному. На жаль, знайти інформацію щодо вартості апарату Трегера, а також можливості його придбання не вдалось.

Для визначення зносостійкості максимально наближено до реальних умов експлуатації на ав-

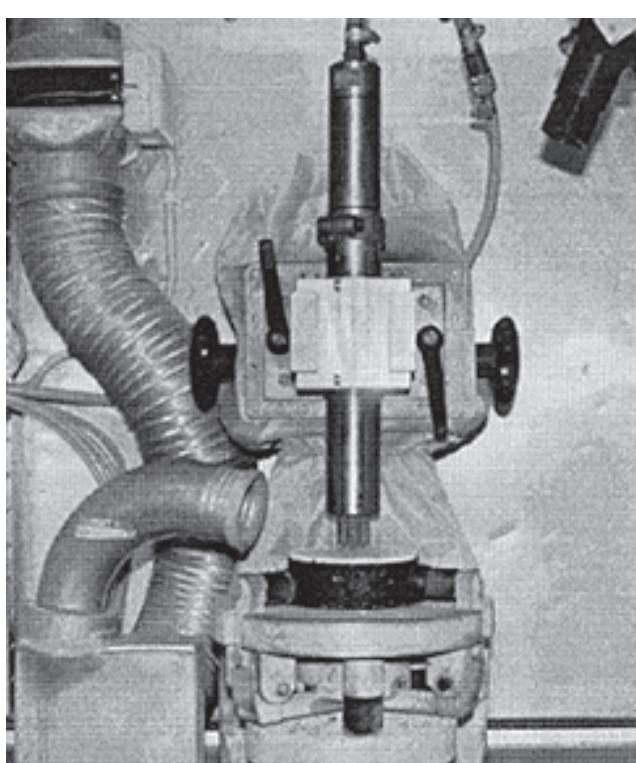


Рис. 1. Апарат Трегера

томобільній дорозі відповідно до [15] матеріали випробовують на стенді зношення (рис. 2). Цю унікальну установку мають лише дві країни Європи (Іспанія, Німеччина). Стенд складається з платформи із зовнішнім діаметром 6,4 м, яка спроможна обертатися з максимальною швидкістю 120 км/год. Одночасно може бути встановлено до вісімнадцяти зразків. Чотири шини із тиском ($0,25 \pm 0,02$) МПа вільно рухаються платформою під кутом повороту $1^\circ \pm 10'$, докладаючи навантаження (3000 ± 300) Н на випробувальні зразки від кожної шини. Стенд розташований у приміщенні з регульованою температурою, де проводять випробування за температури ($7,5 \pm 2,5$) °C [21].

Випробування на стенді проводять відповідно до класів руху (табл. 1).

Таблиця 1

Класи руху та кількість проходів коліс

Класи руху	Кількість проходів коліс
P 0	< 50000
P 1	50000 (необов'язково)
P 2	100000
P 3	200000
P 4	500000
P 5	1000000
P 6	2000000
P 7	4000000

Для кожного класу руху відповідно до [12] визначають: коефіцієнт світлоповертання RL у сухих умовах, коефіцієнт світлоповертання RL в умовах зволоження, коефіцієнт світлоповертання RL під час дощу, коефіцієнт яскравості в умовах дифузного освітлення Qd, коефіцієнт яскравості β , координати колірності (x, y), опір ковзанню SRT. За результатами випробування роблять висновок – якому класу руху відповідає система дорожньої розмітки.



Рис. 2. Стенд для випробування на зношення

Альтернативним варіантом визначення класу руху для системи дорожньої розмітки є проведення дорожніх випробувань відповідно до [22]. Такі випробування проводять на дослідних ділянках автомобільних доріг, де інтенсивність руху відповідає класам руху табл. 1 (до класу P 6). На ділянках наносять різні системи дорожньої розмітки (рис. 3), під час дорожніх випробувань визначають ті самі параметри, що й на стенді.

Вимоги до мікрокульок скляних світлоповертальних та методів їхніх випробувань в Україні встановлює [9], у Європі є чинними два стандарти [16, 17]. Показники мікрокульок, які нормують стандарти, майже однакові, винятком є вимоги щодо визначення небезпечних речовин (миш'яку, свинцю та сурми) у європейських стандартах. Для визначення вмісту небезпечних речовин у скляних мікрокульках еталонним методом є атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою,



Рис. 3. Дослідна ділянка для проведення дорожніх випробувань

яка дозволяє здійснювати вимірювання в мільйонних частках концентрацій заявлених елементів. Для прискореного аналізу хімічного складу виготовлених склокульок перед відвантаженням можна використовувати портативний чи стаціонарний рентгенофлуоресцентний аналізатор (X-Ray Fluorescence, XRF). Вартість такого аналізатора – від 15 000 до 30 000 євро.

Висновки

Для проведення випробувань матеріалів відповідно до європейських вимог українським лабораторіям необхідно закуповувати нове обладнання (апарат Трегера, віскозиметр Кребса-Стормера, рентгенофлуоресцентний аналізатор, стенд для випробування на зношення тощо) та вивчати нові методики випробувань. У разі неможливості (через значну вартість) придбання приладів та установок (наприклад, стенду для випробування на зношення) варто налагодити контакт із європейськими лабораторіями щодо можливості передачі їм зразків матеріалів на випробування або ж властовувати експериментальні ділянки на автомобільних дорогах з метою проведення випробувань у реальних умовах експлуатації.

References

1. Bykovskaia N. E., Razumov M. S. (2014). Dorozhnaia razmetka s prymenenyem ynnovatsyonnoho materyala. [Road markings using innovative material]. Kursk, Molodye uchenye – osnova budushchego mashynostroeniya stroytelstva. Sbornyk nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsyy, 69-72.
2. Yakovets A. V. (2014). Yspolzovanye sovremennyykh materyalov dlia nanesenya dorozhnoi razmetky t sseliu povyshenyia bezopasnosti dorozhnoho dvyzheniya. [Use of modern road marking materials to improve road safety]. Omsk, Innovatsyonnoe liderstvo stroitelnoi i transportnoi otrassli hlezamy molodykh uchenykh. Sbornyk nauchnykh trudov molodykh uchenykh po materyalam Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy. Sybirskaia hosudarstvennaia avtomobilyndorozhnaia akademyia (SybADY), 173-175.
3. Babić D., Burghardt T. (2015). Application and characteristics of waterborne road marking paint. Serbia, International Journal for Traffic and Transport Engineering, 5, 150-169. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).06](https://doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06).
4. Gostev Yu. G., Rumyantsev L. Yu., Fosch I. V., Kostrulova T. E. (2011). Funktsionalna dovgovichnist dorozhnoi rozmitki ta yakist rozmichalnogo materialu. [Functional reliability of road design and quality of retail material]. Kyiv, Dorozhnya galuz Ukrayini, 3, 72-74.
5. Gostev Yu. G., Rumyantsev L. Yu., Fosch I. V., Kostrulova T. E. (2012). Suchasni vimogi schodo zastosuvannya plastikiv, polimernoyi strichok, mikrokulok sklyanih svitlopovertalnih dla horizontálnoi rozmitki avtomobilnih dorig. [Modern requirements for the use of plastics, polymer tapes, retroreflective glass microspheres for horizontal marking of roads]. Kyiv, Avtoshlyahovik Ukrayini, 5, 42-48.
6. Svezhinsky V. N., Malyshkin S. A., Bessonova L. P. (2018). Materyaly mykrosteklosharyky dla dorozhnoi razmetky – problemy i tendentsii. [Materials and Micro-Glass Beads for Road Surface Marking – Problems and Trends]. Moscow, Stroitel'nyie materialy, 7, 28-30.
7. Svezhinsky V. N., Malyshkin S. A. (2016). Materyaly i izdelyia dla dorozhnoi razmetki. [Materials and products for road marking]. St. Petersburg, Mir dorog, 88, 22-23.
8. Derzhavne ahentstvo avtomobilnykh dorih Ukrayiny (2014). Farba dlya horizontálnoi rozmitki avtomobilnih dorig. Tehnichni vimogi ta metodi viprobovuvannya: SOU 42.1-37641918-116:2014. [Paint for horizontal marking of highways. Technical requirements and test method: SOU 42.1-37641918-116:2014]. Kyiv, 30, Management organization standart.
9. Derzhavne ahentstvo avtomobilnykh dorih Ukrayiny (2012). Mikrokulky sklianii svitlopovertalni dla horizontálnoi rozmitky avtomobilnykh dorih. Tekhnichni vymohy ta metody viprobovuvannia: SOU 42.1-37641918-089:2012 [Reflective glass beads for horizontal marking of highways. Technical requirements and test methods: SOU 42.1-37641918-089:2012]. Kyiv, 36, Management organization standart.
10. Derzhavne ahentstvo avtomobilnykh dorih Ukrayiny (2012). Plastyky, sprej-plastyky kholodnoho ta hariachoho nanesennia dla horizontálnoi rozmitky avtomobilnykh dorih. Tekhnichni vymohy ta metody viprobovuvannya: SOU 42.1-37641918-090:2012 [Plastics, spray-plastics of cold and hot drawing for horizontal marking of highways. Technical requirements and test methods: SOU 42.1-37641918-090:2012]. Kyiv, 30, Management organization standart.
11. Derzhavne ahentstvo avtomobilnykh dorih Ukrayiny (2012). Strichky polimeri dla horizontálnoi rozmitky avtomobilnykh dorih. Tekhnichni vymohy ta metody viprobovuvannya: SOU 42.1-37641918-088:2012 [Tapes polymeric for a horizontal marking of highways. Technical requirements and test methods: SOU 42.1-37641918-088:2012]. Kyiv, 20, Management organization standart.
12. DP "UkrNDNTs" (2020). Materialy dorozhnoi rozmitky. Eksploatatsiini vlastyvosti materialiv dla rozmitky ta metody viprobovyan: DSTU EN 1436:2020 (EN 1436:2018, IDT). [Road marking materials. Road marking performance for road users and test methods: DSTU EN 1436:2020 (EN 1436:2018, IDT)]. Kyiv, 20, National Standart of Ukraine.
13. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Laboratoriini metody identyfikatsii: DSTU EN 12802:2021 (EN 12802:2011, IDT). [Road marking materials. Laboratory methods and identification: DSTU EN 12802:2021 (EN 12802:2011, IDT)]. Kyiv, National Standart of Ukraine.
14. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Povorotnyi stend dla viprobovuvannya na znoshennia: DSTU EN 13197:2021 (EN 13197:2011 + A1:2014, IDT). [Road marking materials. Wear simulator Turntable: DSTU EN 13197:2021 (EN 13197:2011 + A1:2014, IDT)]. Kyiv, 23, National Standart of Ukraine.
15. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Fizychni vlastyvosti: DSTU EN 1871:2021 (EN 1871:2000, IDT). [Road marking materials. Physical properties: DSTU EN 1871:2021 (EN 1871:2000, IDT)]. Kyiv, National Standart of Ukraine.
16. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Mikrokulky sklianii, napovniuvachi protykovzni ta sumishi z nykh dla nanesennia na poverkhniu: DSTU EN 1423:2019 (EN 1423:2012; AC:2013, IDT). [Road marking materials – Drop on materials – Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two: DSTU EN 1423:2019 (EN 1423:2012; AC:2013, IDT)]. Kyiv, National Standart of Ukraine.
17. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Mikrokulky sklianii dla poperednoho zmishuvannia z materialom dla dorozhnoi rozmitky: DSTU EN 1424:2021 (EN 1424:1997; A1:2003, IDT). [Road marking materials – Premix glass beads: DSTU EN 1424:2021 (EN 1424:1997; A1:2003, IDT)]. Kyiv, National Standart of Ukraine.
18. European standart (1995). General methods of test for pigments and extenders – Part 11: Determination of tamped volume and apparent density after tamping : EN ISO 787-11:1995 (ISO 787-11:1981), 24.
19. Ulf Isacsson, Yiva Colldin (1988). VTI rapport 325 A "Laboratory and field studies on durability of thermoplastic road marking materials". Linkoping, Swedish Road and Traffic Research Institute, 54.
20. Ylva Edwards, Sofi Astro (1998). VTI notat 23-1998 Vagmarkeringssmaterial – Kravspecifikationer. Linkoping, Vag-och transport forskningsinstitutet, 86.
21. Shaun Friel, David Woodward (2019). High Friction Surfacing Systems Using Blends of Natural Aggregate and Calcined Bauxite. Coatings, 9 (3), 177. <https://doi.org/10.3390/coatings9030177>.
22. DP "UkrNDNTs" (2021). Materialy dorozhnoi rozmitky. Dorozhni viprobovuvannia: DSTU EN 1824:2021 (EN 1824:2011, IDT). [Road marking materials – Road trials: DSTU EN 1824:2021 (EN 1824:2011, IDT)]. Kyiv, National Standart of Ukraine.

ЗОВСІМ СКОРО СТАРТУЮТЬ МІЖНАРОДНІ ВИСТАВКИ КОМУНТЕХ-2021 ТА ДОРТЕХЕКСПО-2021

Цієї осені, **19-21 жовтня 2021 року**, в Міжнародному виставковому центрі відбудеться комплексна виставкова подія, присвячена актуальним потребам дорожньо-будівельної галузі України та реформуванню муніципального господарства. У виставках "ДорТехЕкспо" та "КомунТех" планують узяти участь понад 200 компаній, під експозицію буде задіяно 2 павільйони загальною площею 17 000 кв. м.

Серед учасників – українські виробники та іноземні компанії (Білорусь, Литва, Туреччина, Німеччина, Італія тощо).

Дорожня інфраструктура відіграє важливу роль у створенні міжнародного іміджу і престижу країни. Ефективність та якість укладання дорожнього покриття, оперативність своєчасних ремонтних робіт – це важомий показник рівня державного розвитку. Для плідної роботи важливо, щоб дорожня техніка відповідала сучасним нормам, була якомога легшою в експлуатації та піддавалася ремонту в максимально короткі терміни. А тому в межах "ДорТехЕкспо" заплановано масштабну презентацію української техніки, що ідеально підходить для експлуатації саме в наших кліматичних та інфраструктурних умовах. Вона гарантовано не поступається в продуктивності техніці світових європейських виробників і є значно дешевшою. Організатори виставки провели глобальну роботу, щоб задовільнити потреби потенційних відвідувачів і представити найкращу сучасну техніку для всіх видів дорожніх робіт від провідних виробників.



Будь-яка комунальна або приватна організація, що займається благоустроєм доріг і вулиць, не може обходитися без транспорту, оснащеного ремонтним, очисним, поливним обладнанням. Техніка, що буде представлена на виставці "Комун-Тех", уже має авторитет на ринку. Компанії-експоненти високо цінують своїх клієнтів – як нинішніх, так і потенційних, а тому готові надавати найкращі умови: вигідні ціни, універсальне устакування з гарантією від заводів-виробників, якісне й оперативне технічне обслуговування, можливість придбання в кредит або на умовах лізингу, широку мережу автосервісів і багатотисячний асортимент запчастин на складах.

Щороку на виставках у межах ділового програми проходять конференції, практичні та експертні дискусії, зустрічі у форматі "круглий стіл", а також семінари за участі провідних експертів і досвідчених спікерів.

Скористайтесь можливістю особисто поспілкуватись зі спеціалістами галузі, обмінятися досвідом, на кілька днів зануритись у професійну та ділову атмосферу!

До зустрічі на виставках!

Місце проведення:

Україна, м. Київ, Міжнародний виставковий центр,

Броварський проспект, 15, станція метро
"Лівобережна"

Контакти:

тел.: (044) 201-11-59, 201-11-66
e-mail: dorexpo@iec-expo.com.ua

