

ДП "ДержавтрансНДІпроект"
ДП "ДерждорНДІ"
НТУ

Науково-виробничий журнал
"Автошляховик України"
Періодичність 4 рази на рік
№ 4 (264)'2020
(грудень)

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:
Редзюк А. М.
Безуглий А. О.
Новікова А. М.

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

Випусковий редактор:
Копаниця І. В.

ISSN: 0365-8392-4264
DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264

Передплатний індекс – 74 000

Індексується:
Ulrichsweb
CrossRef
Google Scholar

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

О. А. Клименко

Щодо теоретико-методологічних основ системного управління
ефективністю використання енергії та забрудненням довкілля дорожнім
транспортом 2

Н. А. Бородіна, С. І. Чеберячко, О. В. Дерюгін

Ергономічний аналіз ручного інструменту для умов автосервісу.
Метод дослідження. Ч. 2 10

Г. Ю. Бурлакова, Д. І. Ганжеєв

Вплив стохастичних факторів на оперативне управління транспортними
потоками. Ч. 2 22

О. В. Сабанська

Аспекти створення безпечних і надійних зон паркування вантажних
транспортних засобів у Європі, їх вплив на безпеку дорожнього руху
та дотримання соціальних умов 27

В. П. Сахно, Д. М. Попелиш, С. М. Томчук

Автоматичне виявлення режиму гальмування автопоїзда з частково
наповненою цистерною 33

АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

В. О. Золотарьов, Я. І. Пиріг, А. В. Галкін

Другий стандарт України на бітуми нафтovі дорожні в'язкі: зміст
та перспективи 40

С. К. Головко

Новий підхід до ремонту нежорстких дорожніх одягів
перехідного типу 47

I. В. Копинець, О. В. Соколов, А. Д. Желтобрюх, В. С. Головченко

Дослідження можливості використання щебеневих матеріалів
виробництва АТ "Нікопольський завод феросплавів"
під час будівництва автомобільних доріг 52

Л. П. Боднар, С. С. Завгородній, С. Н. Степанов, В. Л. Ястребінецький

Аналіз довговічності залізобетонних прогонових будов мостів
за їх типовими проектами 58

Т. М. Лозова, О. С. Ярошук

Світовий досвід вибору пріоритетних ділянок влаштування біoperеходів
та огорожень для захисту диких тварин 64

Мови видання: українська, російська та англійська.

Макетування: Шеканова Т. В.

Усі статті проходять одностороннє сліпе рецензування

або відкрите рецензування та схвалються до друку

рішенням редакції.

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

Редакція не завжди поділяє погляди авторів публікацій.

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

Видавець:

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

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

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

e-mail: ikopanytsya@insat.org.ua

Підписано до друку 17.06.2020.

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

Ум. друк. арк. 7,9. Зам. 946.

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

10008 Житомир, вул. Шевченка, 18а.

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

АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.01, 629.113

DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-2-9

© О. А. Клименко, канд. техн. наук, доцент,
в. о. заступника директора з наукової роботи
ДП «ДержавтрансНДІпроект»,
e-mail: aklimenko.insat@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-2323-6839

© Oleksiy Klimenko, Ph.D., Associate Professor, Acting Deputy
Director of State Road Transport Research Institute,
e-mail: aklimenko.insat@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-2323-6839

ЩОДО ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ СИСТЕМНОГО УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ЗАБРУДНЕННЯМ ДОВКІЛЛЯ ДОРОЖНІМ ТРАНСПОРТОМ

REGARDING THE THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SYSTEM MANAGEMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL POLLUTION BY ROAD TRANSPORT

Анотація. Наведено пропозиції щодо розвитку теоретико-методологічних основ системного управління у життєвому циклі ефективності сукупного використання енергії та розподіленням у просторі та часі забрудненням довкілля дорожнім транспортом і пов'язаними галузями. Запропоновано універсальну структурну схему «надсистеми», що відображає процеси споживання енергетичних, матеріальних, інших ресурсів, та завдання збитків. Запропоновано здійснювати математичний опис складних множин, динамічно розподілених у просторі об'єктів, що змінюють структуру та властивості у часі, на основі подальшого розвитку такого інструменту, як теорія мультимножин. Розглянуто приклад фрагменту системи управління на основі заходів з регулювання першого доступу транспортних засобів до ринку, подальшої експлуатації, та до окремих елементів інфраструктури, з впровадженням екологічних зон у містах.

Ключові слова: дорожні транспортні засоби, дорожній транспорт, системне управління, ефективність використання енергії, забруднення довкілля.

Аннотация. Приведены предложения по развитию теоретико-методологических основ системного управления в жизненном цикле эффективностью совокупного использования энергии и распределенного в пространстве и времени загрязнения окружающей среды дорожным транспортом и связанными отраслями. Предложена универсальная структурная схема «сверхсистемы», что отражает процессы потребления энергетических, материальных и других ресурсов, и нанесение ущерба. Предложено осуществлять математическое описание сложных множеств, динамично распределенных в пространстве объектов, изменяющих структуру и свойства во времени, на основе дальнейшего развития такого инструмента, как теория мультимножеств. Рассмотрен пример фрагмента системы управления на основе мер по регулированию первого доступа транспортных средств к рынку, дальнейшей эксплуатации, и к отдельным элементам инфраструктуры, с внедрением экологических зон в городах.

Ключевые слова: дорожные транспортные средства, дорожный транспорт, системное управление, эффективность использования энергии, загрязнение окружающей среды

Abstract. Suggestions for the development of theoretical and methodological foundations of system management of energy efficiency and environmental pollution by road transport in the life cycle are given. It takes into account all essential areas covering transportation,

infrastructure, maintenance, also energy, chemical and automotive industries, raw material extraction, utilization, and related processes of energy consumption and environmental pollution, distributed in space and time. A universal structural scheme of the "supersystem" is proposed, which reflects the processes of consumption of energy, material and other resources, distributed environmental pollution through the functioning of road transport and related industries, and linked damage as well. The target function of the "supersystem" can be represented as the fulfilment during a certain period (covering the life cycle of the main elements – objects of influence (regulation) and investment of financial resources) of the specified volumes of certain types of transport work with the minimum possible and economically justified consumption of energy, consumables, materials, other resources (including those consumed by the transportation, infrastructure, maintenance, also energy, chemical and automotive industries, raw material extraction, utilization), the minimum possible losses due to artificial pressure on the recipients (human beings, fauna and flora, buildings, etc.) of directly the transport system and infrastructure, as well as side effects of processes in other elements of the "supersystem", that may be reduced to the total cost of transport, taking into account the inflation index of monetary units. It is proposed to carry out a mathematical description of complicated sets, dynamically distributed in the space of objects that change the structure and properties over time, based on the further development of such a tool as the theory of multisets. In a simplified form, it is presented an example of a fragment of the management system based on measures to regulate the first access of vehicles to the market, further operation, and to certain elements of infrastructure, with the introduction of low emission zones in cities. The development, creation and effective functioning of the management system of transport and related sectors of the economy in those mentioned above and other parts, requires a coherent system approach based on forecasting (modelling) the consequences of decisions, which can be implemented using the tools described in this article.

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

Вступ

Макроекономічні оцінки збитків від забруднення довкілля в ЄС варіюють від 427 до 790 млрд євро на рік [1], де дорожній транспорт відіграє значну роль. За даними Європейського агентства з навколошнього середовища щорічна смертність людей від забруднення повітря тільки зваженими частинками ($PM_{2,5}$) у сім разів перевищує смертність від ДТП [2]. Збитки лише від шуму на дорогах і заторів коштують близько 36 та 100 млрд євро відповідно [3].

Щорічні макроекономічні збитки від забруднення довкілля автотранспортом в Україні оцінюють орієнтовно в еквіваленті 2...3 млрд євро за найпомірнішими оцінками [4].

Згідно з інформацією Світової організації охорони здоров'я останніми роками Україна посідає перші місця у світі за рівнем смертності на душу населення, спричиненої забрудненням атмосферного повітря [5].

Завдання зменшення питомого споживання та диверсифікації джерел енергії у транспортному секторі є важливою складовою національної енергетичної безпеки, а також необхідною умовою виконання Україною міжнародних зобов'язань у сфері зміни клімату та в рамках Угоди про асоціацію з ЄС.

Вирішення наведених та багатьох інших завдань оптимізації заходів з управління потребує системного підходу та оцінки в життєвому циклі.

Особливо, наприклад, під час розгляду питань технічного регулювання екологічних вимог до автомобілів, впровадження екологічних зон у містах, розширення використання біопалив чи стимулування розширення частки електромобілів, або розвитку водневої енергетики на перспективу, з невизначеними питаннями інтегральної вартості енергії, інфраструктури, утилізації тощо.

Принципи оцінки транспорту в життєвому циклі використовуються сьогодні в багатьох дослідженнях, зокрема, в [6, 7, 8, 9]. Наприклад, [7, 9] та інші дослідження висвітлюють проблемні аспекти загального впливу електромобілів на навколошнє середовище у повному життєвому циклі.

Загалом окремим, розрізненим, питанням оцінці транспорту в життєвому циклі та його системного аналізу присвячено велику кількість публікацій, аналіз яких виходить за межі цієї статті. Варто лише зазначити, що залишаються досі не достатньо розвинутими теоретико-методологічні основи системного управління ефективністю використання енергії та забрудненням довкілля дорожнім транспортом у життєвому циклі з врахуванням всіх основних сфер, що охоплюють обслуговування, дорожню інфраструктуру, енергетичну, хімічну та машинобудівні галузі, видобуток сировини, утилізацію, та пов'язані процеси споживання енергії та забруднення навколошнього середовища, розподілені у просторі й часі.

Метою статті є висвітлення пропозицій щодо розвитку теоретико-методологічних основ системного управління у життєвому циклі ефективністю сукупного використання енергії та розподіленням у просторі і часі забрудненням довкілля дорожнім транспортом і пов'язаними галузями.

Основна частина

Узагальнена система дорожнього транспортута пов'язаних галузей у життєвому циклі, що відображає розподілене у просторі й часі сукупне використання енергії та інших ресурсів, і забрудненням довкілля, може бути представлена, як це показано на рис. 1.

Розповсюдженим прийомом виокремлення елементів систем в ієрархічній структурі є використання понять «надсистеми», що складається із «систем», які, своєю чергою мають у складі «підсистеми». Якщо система є складною та містить велику кількість таких «вкладень», як і система, що досліджується, уявляється доцільним використання поняття систем різного ієрархічного рівня з відповідною нумерацією.

Показана на рис. 1 система загалом (або «надсистема») визначається як система першого рівня, її елементи – системи другого рівня, які, своєю чергою містять «вкладення» різної складності

із систем нижчого ієрархічного рівня. Інші елементи, незалежно від ієрархічного рівня, позначають терміном «система».

«Надсистему» представлено як закриту систему, що містить системи другого рівня, перелічені нижче:

- система «P» – «Джерела первинної енергії» (мультиможина «P» видів первинної енергії);
- система «S» – «Сировина» (мультиможина «S» видів сировини);
- система «U» – «Утилізація» (мультиможина «U» відходів);
- система «N» – «Природа»;
- система «E» – «Енергетика» (представлена мультиможиною «E» видів енергії, до якої також додано мультиможину «Q» інших різноманітних експлуатаційних матеріалів, що є продуктами хімічної промисловості);
- система «M» – «Машинобудування» (мультиможина «M» ДТЗ, що пропонують на ринку, а також їх складників, змінних елементів конструкції тощо);
- система «T» – «Парк ДТЗ» (мультиможина «T» видів ДТЗ);
- система «I» – «Транспортна інфраструктура» (мультиможина об'єктів «I»);
- система «W» – «Транспортна робота»;
- система «F» – «Обслуговування» (мультиможина об'єктів «F»);

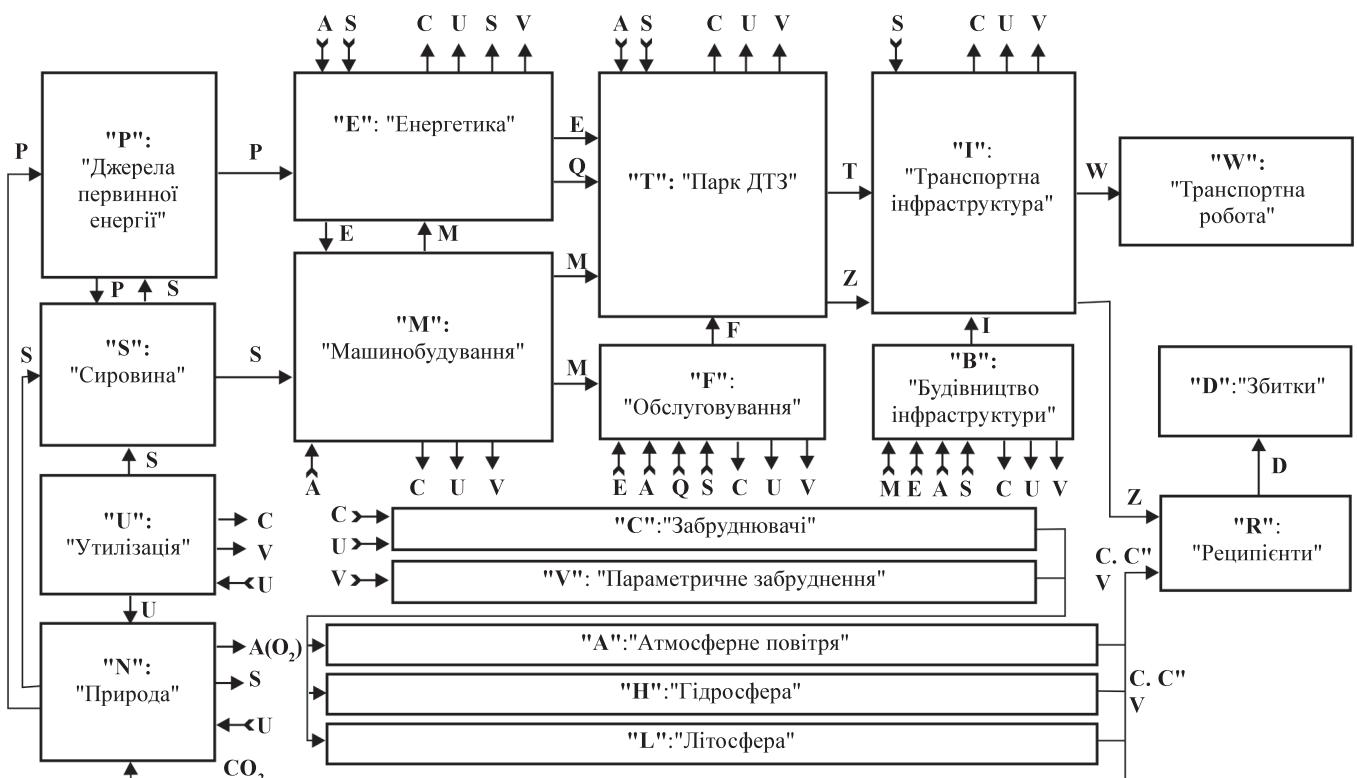


Рис. 1. Структурна схема основних елементів системи, що відображає використання енергії та забрудненням навколошнього природного середовища дорожнім транспортом

- система «І» – «Транспортна інфраструктура» (мультимножина «І» об'єктів інфраструктури);
 - система «В» – «Будівництво інфраструктури» (мультимножина «В» об'єктів будівництва інфраструктури);
 - система «W» – «Транспортна робота» (мультимножина «W» видів транспортної роботи, диференційованих за видами, переважним місцем та призначенням перевезень, враховуючи наявність та перспективи розвитку альтернативних видів транспорту (пересування) на певних відстанях тощо);
 - система «С» – «Забруднювачі» (мультимножина «С» видів забруднювачів);
 - система (мультимножина) «V» – «Параметричне забруднення» (акустичний шум, вібрація, електромагнітне випромінювання, радіаційне випромінювання);
 - система «А» – «Атмосферне повітря» (мультимножина «А» місць забруднення та шляхів передачі забруднювачів, діоксиду вуглецю, кисню);
 - система «Н» – «Гідросфера» (мультимножина «Н» місць забруднення та шляхів передачі забруднювачів);
 - система «L» – «Літосфера» (мультимножина «L» місць забруднення, що є ланкою подальшої передачі забруднювачів);
 - система (мультимножина) «R» – «Реципієнти»;
 - система (мультимножина) «D» – «Збитки».
- Наведені вище елементи «надсистеми» мають зв'язки між собою у вигляді енергетичних, матеріальних та інших потоків.
- Обмін інформацією між елементами надсистеми, отримання інформації про стан її елементів і показників їх функціонування, керуючі дії та відповідні елементи розглядаються окремо відповідно до конкретного завдання оптимізації, цільових функцій, що застосовують, і заходів впливу на систему (керуючих дій).
- Нижче наведено опис загальних енергетичних і матеріальних потоків між елементами надсистеми, якими в надсистемі є:
- потоки первинної енергії «P»;
 - потоки енергоносіїв «E» та різноманітних експлуатаційних матеріалів «Q» (дистильована вода, рідини для склоомивачів, рідини для систем охолодження, реагенти систем нейтралізації забруднювальних речовин (водний розчин сечовини, відомий як «Adblue»), масла і мастила, гальмівні рідини, електроліт тощо);
 - потоки сировини «S» (зокрема – вторинна сировина «S»);
 - матеріальні потоки «M» – продукція машинобудування (ДТЗ та їх змінні компоненти, пневматичні шини, деталі та вузли тощо);
 - атмосферне повітря «A», зокрема, як джерело кисню (O_2);
 - потоки інградієнтного забруднення «C», представлені мультимножиною «C» видів забруднювачів, з викоремленням «вторинних» забруднювачів «C», які утворюються внаслідок хімічних перетворень «первинних» забруднювачів «C» в атмосфері «A», гідросфері «H» та літосфері «L»;
 - потік CO_2 , викоремлено на схемі, як вхід до системи «N», де вуглекислий газ є компонентом (сировиною) процесу утворення біомаси та кисню (O_2);
 - потоки «V» параметричного забруднення, представлені мультимножиною «V»;
 - матеріальні потоки відходів «U», що можуть бути перероблені, утилізовані, використані повторно (рециклінг), використані як сировина для матеріального виробництва або виробництва енергії (вторинні енергетичні ресурси), розсіяні у просторі або сконцентровані в певних місцях, та можуть бути забруднювачами із вираженим негативним впливом на реципієнти «R», який потребує врахування в надсистемі.
- Далі наведено специфічні зв'язки та потоки між елементами надсистеми.
- Система (мультимножина) «T» ДТЗ, що приймають участь в дорожньому русі та виконанні технологічних операцій, при цьому використовує мультимножину об'єктів інфраструктури «I», через яку здійснюють мультимножину видів транспортної роботи «W».
- Система «T» споживає потік продукції машинобудування «M», потік енергетичних ресурсів «E», різноманітних експлуатаційних матеріалів «Q» (напряму та через систему «F»), атмосферне повітря «A» з викоремленням кисню (O_2) із його складу, сировину «S», до якої входить також і вода тощо.
- Система «T», як і більшість інших елементів надсистеми, утворює розподілений у просторі та часі потоки інградієнтного забруднення «C», потоки «V» параметричного забруднення, та потоки відходів «U», представлені у вигляді мульти множин.
- Одним із побічних наслідків функціонування системи «T» в інфраструктурі «I» є дорожньо-транспортні пригоди, позначені потоком (мультимножиною) «Z» негативних видів впливу.

Система «Т» також має зв'язок із системою «F», яка забезпечує обслуговування ДТЗ, та включає об'єкти автосервісу, зокрема, ремонт, технічне обслуговування, догляд за колісними транспортними засобами (зокрема мийка). Показано як умовний потік «F». Система «F» також споживає потік «M» продукції, в який, зокрема, входять змінні елементи конструкції ДТЗ (шини, акумулятори, змінні каталітичні нейтралізатори, гальмівні колодки тощо), виробничі фонди тощо.

Систему перевірки придатності до експлуатації та інші компоненти управління не показано на цій схемі.

Розвиток, ремонт та обслуговування об'єктів інфраструктури (системи «I») забезпечує, через умовний потік «I» оновлення (підтримки) інфраструктури, система (мультиможина) «B» об'єктів будівництва інфраструктури. Система «I» споживає через систему «B» значні матеріальні, енергетичні, цінні земельні ресурси тощо.

Результатом негативного впливу інгрідієнтного «C» (та «C») і параметричного «V» забруднення, а також впливу наслідків дорожньо-транспортних пригод «Z» на систему (мультиможину) реципієнтів «R», утворюється потік збитків «D», «акумульований» у системі (мультиможині) «D».

Важливою особливістю надсистеми є розгляд системи «A» (Атмосферне повітря), системи «H» (Гідросфера), та системи «L» (Літосфера) як мультиможин місць забруднення та шляхів послідовної передачі забруднювачів (факторів негативного впливу) від елементів «T», «I», «B», «F», «E», «M», «U» до «розсіяних» у просторі реципієнтів «R» з врахуванням їх віддаленості від реципієнтів, ступеня впливу на них, та кількості реципієнтів, що охоплені вираженим негативним впливом.

Забруднення від системи «T» (Парк ДТЗ) відбувається у розгалуженій у просторі системі «I» (Транспортна інфраструктура), відносно якої реципієнти розподілені нерівномірно, що враховано прив'язкою функції просторового розподілу реципієнтів «R» до просторового розподілу інфраструктури «I», в якій також враховано у вигляді систем нижчих порядків, зокрема, умови розсіювання забруднювальних речовин (особливості місцевості, міської забудови тощо).

Матеріальні потоки відходів «U» є важливим компонентом системи з огляду на можливості управління у цій сфері, маючи на увазі повторне використання деталей (агрегатів та вузлів), встановлення вимог до ступеня повторного викори-

стання конструкційних матеріалів ДТЗ, врахування питань утилізації шин, стартових і тягових АКБ тощо (та забруднення довкілля, що з цим пов'язано, відображене у системі «U»).

Система «U» є важливим джерелом вторинної сировини «S"», яка разом із «первинною» сировиною «S» використовується для виробництва продукції машинобудування в системі «M», та використовується в системі «E».

Система «N» (Природа) уведена в надсистему для відображення (в частині) джерел первинної енергії, процесів поглинання у біосфері діоксиду вуглецю (CO_2) з функціями продукування кисню (O_2) та біомаси, що може бути використана як сировина (S) для виробництва, зокрема, компонентів біопалив, або такого виду вторинного енергносія, як електроенергія. Також система «N» розглядається як вмістилище відходів «U», величезні обсяги утворення яких потребують особливої уваги. Останні також є джерелом розподілених у просторі потоків передусім інгрідієнтного забруднення «C», позначених на схемі через систему «U» (що має як штучно створену, так і природну складову), що через системи «L», «H», «A», разом із «вторинними» забруднювачами «C"», є фактором впливу на систему реципієнтів «R».

Система реципієнтів «R» об'єднує у складних взаємозв'язках тваринний (з акцентом на людині) і рослинний світи, об'єкти інфраструктури, що поступово зношуються та руйнуються потоками ДТЗ, будівлі та інші інженерні споруди, які підпадають під руйнуючий вплив шкідливих факторів як системи «T», так і систем, «I», «B», «F», «E», «M», «U» до «розсіяних» у просторі реципієнтів «R» з врахуванням їх віддаленості від реципієнтів, ступеня впливу на них, та кількості реципієнтів, що охоплені вираженим негативним впливом.

Охоплені наведеною вище надсистемою процеси і зв'язки між її елементами у «реальному житті» є надзвичайно складними. Система є динамічною, її розвиток необхідно розглядати упродовж значних відрізків часу, що охоплюють періоди життєвого циклу її елементів, протягом яких їх набір, властивості та зв'язки між елементами істотно змінюються.

Цільову функцію цієї надсистеми можна представити, зокрема, як виконання протягом визначеного періоду часу $\tau_1 - \tau_2$ (що охоплює життєвий цикл основних елементів – об'єктів впливу (регулювання) та інвестування фінансових ресурсів) завданіх обсягів певних видів транспортної роботи «W» з мінімально можливими (економічно обґрунтованими) обсягами споживання енергії «E», експлуатаційних матеріалів «Q», інших ресурсів «S» (зокрема, що споживають системи «M», «E», «T», «F», «I», «B», «U»), мінімально можливими

збитками «Д» (зумовленими техногенним тиском на реципієнти «Р» безпосередньо транспорту, а також як побічні наслідки процесів у інших елементах надсистеми), що можуть бути приведені до сукупної вартості транспорту G з урахуванням індексу інфляції грошових одиниць:

$$\int_{\tau_1}^{\tau_2} \left(\frac{G_E + G_Q + G_S + G_M + G_E + G_T + G_F + G_I + G_B + G_U + G_D}{W} \right) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Вирішення завдання оптимізації також має численні обмеження (фінансові, технологічні, людські, соціальні, політичні тощо).

Представлення надсистеми, систем, що її складають, та зв'язків між ними у спрощеному вигляді надає змогу численного вирішення завдань оптимізації, формування та прогнозування наслідків управлінських рішень.

Математичне представлення цієї надсистеми є можливим на основі подальшого розвитку такого інструменту, як теорія мультимножин.

Сучасна теорія мультимножин має фрагментарний характер, зумовлений специфічними вимогами завдань, що вирішувались протягом її розвитку. Ще не завершено формування єдиної систематично розвиненої загальної теорії мультимножин, побудованої на єдиній методологічній базі. Використовують різні математичні нотації для позначення мультимножин та операцій із ними. Отже, і наведений нижче опис математичного апарату має певні особливості.

Опис складних множин розподілених у просторі об'єктів, що змінюють структуру та властивості у часі, може бути представлений як сімейство мультимножин.

На кожному послідовному періоді дискретизації (τ) сімейство мультимножин $A_{f(\tau)}$, яке поєднує мультимножини A_i груп об'єктів з унікальними наборами властивостей, що мають значення у завданні, що розв'язується, може бути представлено як:

$$A_{f(\tau)} = \{\langle A_i, q_i \rangle \mid i \in K\}, \quad (2)$$

де:

q_i – поточна кількість об'єктів у групі A_i кожного виду;

i – індекс об'єкту певного виду;

K – поточна загальна кількість видів (груп) об'єктів, що розглядають у системі з початку відліку часу.

Загальна поточна кількість об'єктів у всіх групах, які коли-небудь потрапляли у систему

(що є також розміром $|A_{f(\tau)}$ сімейства мультимножин $A_{f(\tau)}$):

$$|A_{f(\tau)}| = \sum_{i=1}^K q_i. \quad (3)$$

Сімейство мультимножин A_i описує розподіл «надходжень» об'єктів даної групи (виду (i)) в різні періоди часу (τ):

$$A_i = \{\langle s_\tau, q_\tau \rangle \mid \tau \in T\}, \quad (4)$$

де:

s_τ – послідовний (з визначенням періодом дискретизації) відрізок часудодавання (початку експлуатації) об'єктів виду A_i ;

q_τ – кількість «нових» в системі об'єктів групи A_i за період часу (τ);

T – загальний період часу, що розглядають в системі з початку відліку часу.

Відповідно:

$$q_i = \sum_{\tau=\tau(0)}^T q_\tau \quad (5)$$

Розподіл $A_{i(d)}$ загальної кількості об'єктів групи A_i , що залишаються «активними» в системі (з врахуванням видалених об'єктів, об'єктів, що не беруть участь в основних процесах, утилізованих об'єктів тощо) за різними періодами часу (τ) може бути представлений сімейством мультимножин:

$$A_{i(d)} = \sum_{\tau=\tau(0)}^T A_{i(s_\tau)} \quad (6)$$

де $A_{i(s_\tau)}$ – мультимножина, що описує подальший розподіл у часі «залишку» d_τ від об'єктів групи A_i , що коли-небудь потрапили в систему у відрізок часу s_τ :

$$A_{i(s_\tau)} = \{\langle s_\tau, d_\tau \rangle \mid \tau \in T\}. \quad (7)$$

Аналогічно описують, зокрема, виокремлені з A_i групи тотожних за часом потрапляння в систему об'єктів зі спільними властивостями (окрім з яких погіршуються у часі та є функцією від часу та багатьох, зокрема – керованих факторів впливу), розподіл у часі «потоків» об'єктів, що утилізують, з чим пов'язують відповідні процеси тощо.

Наведеним вище чином може бути здійснений опис елементів надсистеми, що мають тривалий період експлуатації.

Комплексні потоки, зокрема, споживання енергії, транспортної роботи, забруднювачів описують також сімействами мультимножин, наприклад:

$$A = \{\langle a_i, q_i \rangle \mid i \in N\}, \quad (8)$$

де:

A – комплексний потік, що розглядають (наприклад, інгредієнтне забруднення різних видів), представлений у вигляді мультимножини;

a_i – певний вид забруднювача;

q_i – поточна кількість певного виду забруднювача;

N – кількість видів забруднювачів, що розглядають в системі.

Наведені потоки розподіляють у часі та просторі з визначенням періодом дискретизації з використанням сімейств мультимножин.

Наприклад, викиди забруднювальних речовин від систем «Т», «І» (а також «В», за необхідності) за період часу (τ) описують сімейством мультимножин, розподілених по основних об'єктах системи «І», «каналами» подальшої передачі яких у просторі є системи «А», «Н», «Л». Розподілені у просторі викиди ототожнюють з сімейством мультимножин реципієнтів «Р», також розподілених уздовж інфраструктури «І».

Питання додаткових витрат і збитків, характерних для певних видів, зокрема, нових технологій, вивчають, за необхідності, детальним розглядом процесів в інших системах, зокрема «М», «Е», «Ф», «У». Наприклад, питання виробництва та утилізації АКБ електромобілів, а також інших рідких хімічних елементів, що застосовують у конструкції ДТЗ тощо.

З використанням інтенсивності впливу забруднювачів на реципієнти (що визначається функ-

ціями, які враховують відстань від джерела до реципієнтів та інші чинники) розраховують інтегральні оцінки збитків різних видів, а також їх зведені показники у грошовому еквіваленті (екстерналії) тощо.

Таким чином, отримують розподілені у часі інтегральні показники споживання енергії, виконання транспортної роботи та супутніх збитків, як в ретроспективі, так і їх прогнозні значення за різними сценаріями впливу (регулювання).

Для моделювання та прогнозування впливу різних факторів та керуючих заходів на показники функціонування надсистеми вводять відповідні елементи збирання, передачі інформації, управління тощо.

Приклад фрагменту системи управління ефективністю використання енергії та забрудненням атмосферного повітря дорожнім транспортом, в якому розглядаються лише заходи з регулювання доступу до ринку, експлуатації та інфраструктури, у спрощеному вигляді наведено на рис. 2.

Елементи контролю доступу до ринку можна у спрощеному вигляді представити як «фільтри» з певним ступенем ефективності, що застосовують до потоків ДТЗ (нових і таких, що були в користуванні), що вперше потрапляють до ринку, умово обмеженого кордонами країни ($f_{(DTZ)}$), «транзитних» ДТЗ, та ДТЗ, що перебувають на території країни за «тимчасовими схемами» ($f_{(tr/tv)}$), потоків запасних частин ($f_{(y/q)}$). До ДТЗ, що вперше реєструють на території країни, встановлюють обов'язкові умови щодо мінімального рівня екологічних вимог.

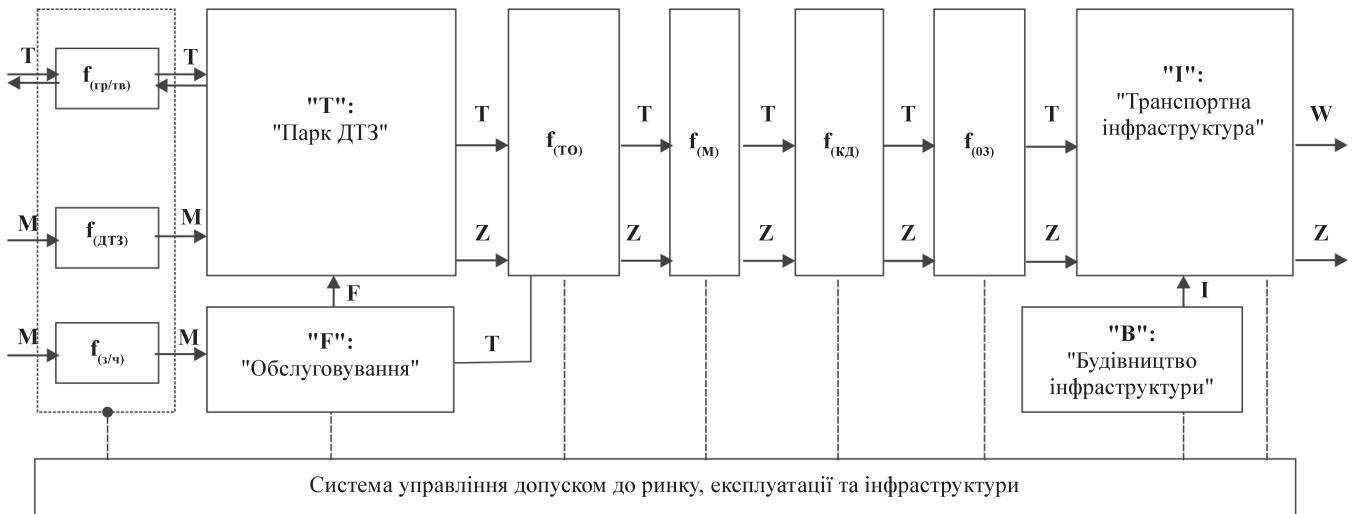


Рис. 2. Okremi елементи системи управління шляхом регулювання доступу до ринку, експлуатації та інфраструктури

До ДТЗ, що тимчасово перебувають на території країни, застосовують спрощені процедури швидкого екологічного маркування із використанням даних за замовчуванням.

Певні вимоги можуть також застосовуватися до запасних частин і витратних матеріалів (пневматичних шин, наприклад).

У структуру наведених вище «фільтрів» також входять функції первинного маркування нових ДТЗ, що виробники пропонують на ринку, з метою доведення до споживача об'єктивних даних щодо показників її енергоефективності, рівня екологічної небезпеки, інших істотних екологічних властивостей, що використовують під час диференціації умов доступу до інфраструктури, а отже, і свідомого вибору під час їх купівлі, оренди, заключення договорів на здійснення перевезень тощо.

Система оцінки придатності до експлуатації та контролю доступу до експлуатації ($f_{(то)}$) має виконувати функцію «фільтра», що мінімізує вірогідність участі в дорожньому русі непридатних до експлуатації ДТЗ (за визначеними критеріями), які створюють підвищений рівень небезпеки в дорожньому русі та неприпустимий рівень екологічної небезпеки.

Система ($f_{(м)}$) виконує функцію динамічного маркування ДТЗ за поточним рівнем екологічної небезпеки інградієнтного забруднення та іншими істотними екологічними властивостями.

Система ($f_{(кд)}$) встановлює та забезпечує дотримання диференційованих умов доступу до інфраструктури із використанням системи ($f_{(оз)}$), що реалізує принцип «забруднювач платить», є джерелом, зокрема, інвестицій в оновлення та покращення систем «Т» й «І», розвитку зручних і привабливих альтернативних видів пересування містами тощо. Таким чином, зокрема, обмежують активний доступ ДТЗ, що не відповідають певному, мінімально необхідному рівню екологічної небезпеки, до забруднених територій зі значною концентрацією населення.

Витрати на створення і забезпечення функціонування елементів систем управління, розподі-

лені за окремими елементами «надсистеми», враховують у цільовій функції (1).

Висновки

Розроблення, створення та забезпечення ефективного функціонування системи управління транспортною та суміжними галузями економіки у розглянутих вище та в інших частинах, потребує узгодженого системного підходу на основі прогнозування (моделювання) наслідків прийнятих рішень, що може бути реалізовано із використанням описаних у цій статті інструментів.

Приклади моделювання впливу, зокрема, заходів із технічного регулювання та пошуку оптимальних рішень з мінімізації негативного впливу транспорту на довкілля упродовж визначених періодів часу виходять за межі даної публікації та будуть наведені окремо.

References

1. Sadler Consultants Ltd. (2020). Urban Access Regulations in Europe: Overview of website. <https://www.urbanaccessregulations.eu/userhome/general-overview>.
2. Air quality in Europe. (2015). EEA Report No 5/2015.
3. Bernard, Y., Miller, J., Wappelhorst, S., Braun, C. (2020). Impacts of the Paris low-emission zone and implications for other cities. FIA Foundation. <https://theicct.org/sites/default/files/publications/Paris-LEV-implications-03.12.2020.pdf>.
4. Development of national policy on regulation of road transport CO₂ emissions and energy consumption in Ukraine – Clima East project report / Ricardo Energy & Environment (United Kingdom), State Enterprise State Road Transport Research Institute (Ukraine), 212).
5. Ambient air pollutionio (2016). A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organisation. ISBN 978 92 4 1511353.
6. Hooftman, N., Oliveira, L., Messagie, M., Coosemans, T., Van Mierlo, J. (2016). Environmental Analysis of Petrol, Diesel and Electric Passenger Cars in a Belgian Urban Setting. Energies, 9, 84. <https://doi.org/10.3390/en9020084>.
7. Brennan, J. W. and Bader, T. E. (2017). Battery Electric Vehicles vs. Internal Combustion En-gine Vehicles: A United States-Based Comprehensive Assessment. Arthur D. Little 2016.: <https://www.adlittle.com/en/insights/viewpoints/battery-electric-vehicles-vs-internal-combustion-engine-vehicles>.
8. McKone, T. E., Hertwich, E. G. (2001). The human toxicity potential and a Strategy for Evaluating Model Performance in Life Cycle Impact Assessment. Int. J. LCA 6, 106-109. <https://doi.org/10.1007/BF02977846>.
9. United Kingdom by CPI Group (UK) Ltd. (2017). Environmental Impacts of Road Vehicles Past, Present and Future. Issues in environmental science and technology No. 44. The Royal Society of Chemistry. Croydon, 248.

© Н. А. Бородіна, докт. техн. наук, старш. наук. співробітник, професор кафедри технологій навчання, охорони праці та дизайну,
e-mail: ignsborodina@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5942-5658;

© С. І. Чеберячко, докт. техн. наук, професор, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки,
e-mail: sicheb@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-3281-7157;

© О. В. Дерюгін, канд. техн. наук, доцент кафедри управління на транспорті,
e-mail: oleg.kot@meta.ua,
ORCID: 0000-0002-2456-7664
(Білоцерківський інститут неперервної професійної освіти,
Національний технічний університет "»Дніпровська політехніка»)

© Nataliia Borodina, Doctor of Technical Science (D.Sc.),
Senior Researcher, professor of department of technologies of
study, labor protection and design,
e-mail: ignsborodina@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-5942-5658;

© Serhii Cheberiachko, Doctor of Technical Science (D.Sc.),
Professor, Professor of the Department of Labour Protection
and Civil Safety,
e-mail: sicheb@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-3281-7157;

© Oleg Deryugin, Candidate of Technical Science (PhD),
Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Transportation Management,
oleg.kot@meta.ua,
ORCID: 0000-0002-2456-7664
(Bilotserkivsky Institute of Continuous Professional Education,
Dnipro University of Technology)

ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУЧНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ УМОВ АВТОСЕРВІСУ. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ЧАСТИНА 2

ERGONOMIC ANALYSIS OF HAND TOOLS FOR CAR SERVICE CONDITIONS. RESULTS OF THE STUDY. PART 2

Анотація. Визначено, що травмування та виникнення професійних захворювань кінцівок (пальців, кисті, ліктя, передпліччя, плеча та ін.) опорно-рухового апарату у працівників підприємств автосервісу під час виконання виробничої діяльності з технічного обслуговування і ремонту автомобілів, в якій використовується ручний інструмент – наразі досить поширене явище і становить актуальне завдання дослідження.

У частині 1 статті (опубл. в жур. «Автошляховик України» № 3'2020) запропоновано для дослідження біомеханіки верхніх кінцівок тулубу людини скористатись принципом «TILE» (»Task, Individual, Load, and Environment»). Цей принцип вказує на необхідність фізіологічної оцінки ручної праці (вага, ритм, темп праці, напруженість та ін.) і перевірки відповідності умов ручної праці і робочого середовища та їх вплив на здоров'я працівника. Для розрахунку ергономічного ризику травмування та виникнення професійних захворювань використано метод «RULA» (»Rapid Upper Limb Assessment»), за допомогою якого, проведено оцінку відповідності ергономічності ручного інструменту умовам праці.

У частині 2 статті проведено ергономічний аналіз ручного інструменту для умов автосервісу з використанням представленої методології. За результатами проведеного дослідження, наведено рекомендації щодо раціональних розмірів і форм ручних різноманітних інструментів.

Ключові слова: технологічні процеси автосервісу, управління ризиками травматизму працівників, ергономічні ризики, ручний інструмент, продуктивність праці.

Аннотация. Определено, что травмы и возникновения профессиональных заболеваний конечностей (пальцев, кисти, локтя, предплечья, плеча и др.) опорно-двигательного аппарата у работников предприятий автосервиса при выполнении производственной деятельности по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, в которой используется ручной инструмент – достаточно распространенное явление в настоящее время и составляет актуальную задачу исследования.

В части 1 статьи (опубл. в жур. «Автошляховик України» № 3'2020) предложено для исследования биомеханики верхних конечностей туловаща человека воспользоваться принципом «TILE» (»Task, Individual, Load, and Environment»). Этот принцип указывает на необходимость физиологической оценки ручного труда (вес, ритм, темп труда, напряженность и др.) и проверки соответствия условий ручного труда и рабочей среды и их влияния на здоровье работника. Для расчета эргономичного риска травмирования и возникновения профессиональных заболеваний использован метод «RULA» (»Rapid Upper Limb Assessment»), с помощью которого проведена оценка соответствия эргономичности ручного инструмента условиям работы.

В части 2 статьи проведен эргономический анализ ручного инструмента для условий автосервиса с использованием представленной методологии. По результатам проведенного исследования, приведены рекомендации рациональных размеров и форм различных ручных инструментов.

Ключевые слова: технологические процессы автосервиса, управление рисками травматизма работников, эргономичные риски, ручной инструмент, производительность труда.

Abstract. It was determined that injuries and the occurrence of occupational diseases of the limbs (fingers, hand, elbow, forearm, shoulder, etc.) of the musculoskeletal system of workers of car service enterprises when performing production activities for the maintenance and repair of cars, in which a hand tool is used, is a quite common phenomenon that currently constitutes a task of research of current importance.

Object of the study – ergonomic risks arising while working with hand tools.

Purpose of the study – to assess the ergonomic risks of the limb's injuries and of the occurrence of occupational diseases of the musculoskeletal system of the worker while using hand tools at car repair entities.

Method of the study – to use the «TILE» (»Task, Individual, Load, and Environment») principle for study of the upper limbs of the human body biomechanics. This principle indicates the need for a physiological assessment of manual labor (weight, rhythm, pace, intensity, etc.) and for a verification of the adequacy of manual labor conditions and the working environment and of their impact on employee health.

To calculate the ergonomic risk of injury and the occurrence of occupational diseases, the «RULA» (»Rapid Upper Limb Assessment») method was used, with the assistance of which the conformity of the ergonomics of hand tools to the working conditions has been assessed.

Results of the study – discovered that use of the ergonomic tools can reduce the ergonomic risks of limb's injury and occupational diseases of the musculoskeletal system of the worker, as well as increase productivity by up to 30%. Recommendations for rational sizes and shapes of various hand tools are given. The results of the study can be used for further development of the assessment of ergonomic health risks of workers in industrial enterprises.

Keywords: technological processes of a car service, risk management of workers' injuries, ergonomic risks, hand tools, labor productivity.

Вступ

Керуючись запропонованим підходом проведено аналіз ручного інструменту. За результатами аналізу встановлено ручний інструмент, що найчастіше використовується на автосервісі для виконання ремонту або технічного обслуговування автомобілів: викрутки, які належать до універсального ручного інструменту; гайкові ключі; ударний інструмент; інструмент для стискання (табл. 1). Оскільки існує значна кількість та різноманітність ручного інструменту за кожним типом, під час аналізу ручного інструменту враховувалися ключові моменти щодо його ергономічності, зокрема сфера застосування, а також відповідність умовам праці. Визначено, що головним чином застосування ручного інструменту відбувається під час розбирання-збирання різноманітних вузлів, агрегатів і механізмів автомобіля.

Основна частина

Виконана оцінка ручного інструменту дає зможу розрахувати величину ергономічного ризику травмування виходячи із параметрів умов праці за методом «RULA», але вже з урахуванням зручності використання інструментів. Таким чином, відмінність запропонованого методу розрахунку величини ергономічного ризику травмування полягає в тому, що під час розрахунку ризику визначається положення частин тіла людини, яке задається, з одного боку, виробничим середовищем (простором, ритмом, темпом роботи, величиною навантаження), а з другого – конструкцією інструменту. Тобто, є відмінність у використанні контрольних списків.

Оскільки в даному дослідженні оцінюються ергономічні ризики травмування кінцівок і виникнення професійних захворювань опорно-рухового апарату робітника під час використання ручного інструменту, то було виконано лише оцінку незручності розміщення рук і зап'ястя робі-

тників керуючись частиною «А» чек-листа метою «RULA». На рис. 1 представлена фрагмент калькулятора.

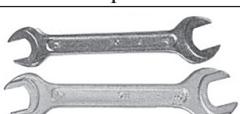
У подальшому було досліджено один із можливих варіантів використання розглянутих типів знарядь праці, які оцінені в табл. 1: викрутка, молоток, ключ та плоскогубці. Запропонований підхід дає змогу розглянути типові ситуації, які виникають під час ремонту та обслуговування автомобіля. Для ергономічного аналізу використовувались фото поз працівників під час використання ручного інструменту. Із цією метою на зображення частин тіла наносилась відповідна розмітка, що дало змогу встановити відповідні бали за таблицями чек-листа метода «RULA». Додатково також було враховано і вплив величин фізичного зусилля чи навантаження, яке розвиває працівник виконуючи виробничі завдання. У результаті проведеної роботи отримано величину ергономічного ризику травмування кінцівок та виникнення професійних захворювань опорно-рухового апарату робітника (табл. 2). Далі інтерпретацію отриманих балів переведено у розрахунок ймовірності виникнення небажаної події у разі нездовільного результату, що своєю чергою потребує пошуку відповідних технологічних рішень для зменшення навантаження на опорно-руховий апарат.

Аналіз розрахованих величин ризику, які наведені в табл. 2, показує, що однією з важливих умов для його зменшення є відповідність конструкції ручного інструменту виконуваній роботі. Так, інструмент із довгою ручкою може привести до перевантаження поперечних м'язів кисті руки, тоді як плоскогубці з прямим руків'ям сприяють напруженню повзводжніх м'язів кисті руки при горизонтальному захваті. Для зменшення фізичного навантаження можна застосовувати пневмо-інструмент, що додатково дає змогу

Типи ручного інструменту, що використовується на автосервісі

Вигляд ручного інструменту	Призначення
ВИКРУТКИ	
 <p>Наконечник Стрижень Держак</p>	<p>Викрутка – це стрижень з наконечником на одному кінці, призначеним під певний вид шліца, і держаком на іншому. Рукоятка викрутки може бути виконана з пластики, дерева або гуми. Діаметр рукояті варіюється від 10 до 40 мм. Стрижні бувають квадратної, круглої або шестигранної форми. Твердість стрижня знаходиться в межах 47-52 HRC. Стрижні виготовляють із хромованадієвої сталі та покривають оцинкованим захисним шаром. Наконечник викрутки виготовляється з високоміцних матеріалів, наприклад, – молібденової сталі або хромованадієвого сплаву. Викрутки можуть мати магнітний наконечник, для утримання невеликих деталей.</p> <p>За формуєю наконечника, викрутки бувають: плоский шліц – SL (Slot); хрестоподібний шліц – PH (Phillips); хрестоподібний шліц – PZ (Pozidriv); шліц – TORX (шестипроменева зірка); квадратний шліц; трилисний шліц – Tri-Wing; хрестовий асиметричний шліц; шліц – спаннер (у вигляді двох штирьків).</p>
	<p>Викрутка з Т-подібною рукояткою. Доцільно використовувати за необхідності передачі великого крутного моменту на деталь. Чим більше вона наближена до Т-форми, тим більший важіль і тим більшим буде момент сили. Держак може додатково обладнуватися шарніром, який дасть змогу змінювати кут між віссю стержня викрутки і віссю рукоятки, таким чином регулюючи довжину важеля. Цей тип викруток може мати змінні насадки, що робить їх універсальними.</p>
	<p>Телескопічна викрутка. За допомогою особливої будови стержня, що нагадує вудку, можна регулювати його довжину, а спеціальний запірний механізм, надійно зафіксує необхідну довжину. Дає змогу працювати у важкодоступних умовах.</p>
	<p>Переломна викрутка. Руків'я такої викрутки можна «переламати» і зафіксувати в необхідному вам положенні, або навіть у декількох. Отже, руків'я може імітувати Т-або Г-подібну форму, що робить цю викрутку універсальною і дуже зручною.</p>
	<p>Ударна викрутка. Ударні викрутки виготовляють із високоміцних сталей. На держаках таких викруток розташовується поверхня для нанесення удару ударним інструментом і хвостовик – для можливості захоплення ключем, що дає змогу збільшити важіль і тим самим збільшити момент сили.</p>
	<p>Реверсивна викрутка. Цей вид викрутки оснащений храповим механізмом, який дає змогу передавати крутний момент від стрижня до наконечника. Стрижень вільно прокручується в держаку. За допомогою спеціального перемикача, у вигляді невеликого важеля, можна робити як відкручування, так і загвинчування. Середнє положення перемикача блокує здатність стержня прокручуватися, що дає змогу користуватися ним, як звичайною викруткою.</p>
	<p>Точна викрутка. Цей вид викруток використовується під час роботи з невеликими деталями. Вона має невеликі габарити і розмір шліца до декількох міліметрів, що дає змогу провести роботу максимально чітко й акуратно.</p>
	<p>Індикаторна викрутка. Призначена для виконання робіт, пов'язаних з електрикою. Завдяки вмонтованому індикатору, вона дає змогу виявляти наявність напруги на елементі. Якщо деталь перебуває під напругою – загориться вбудований світлодіод.</p>

Продовження таблиці 1

Вигляд ручного інструменту	Призначення
	Акумуляторна викрутка. У руків'ї такої викрутки є невеликий акумулятор, що дає змогу їй працювати як шуруповерт.
	Динамометрична викрутка. На руків'ї розташований невеликий екран, який дає змогу вимірюти зусилля затяжки, або спеціальна шкала, яка дає змогу задати необхідний момент і провести монтаж всіх з'єднань з абсолютно однаковим зусиллям.
ГАЙКОВІ КЛЮЧІ	
Гайковий ключ, також метровий ключ – інструмент для з'єднання (розв'єднання) різьбового з'єднання шляхом закручування (розкручування) болтів, гайок та інших деталей. Ключі розділяють на ріжкові та накидні (існують також комбіновані). Відстань між робочими поверхнями ключа називається зівом (отвором). Розмір зіва (номер) стандартизований, в Україні визначається вимогами ДСТУ ГОСТ 10112-2003 (ISO 1085-99) Ключі гайкові двобічні. Розміри комбінацій зівів.	
	<i>Ріжковий (дворіжковий)</i> – найпоширеніший вид гайкового ключа. Відстанню між внутрішніми поверхнями ріжків (губок) визначається номер ключа. Часто має два зіви: у цьому разі їхні номери є сусідніми (наприклад, 8/10).
	<i>Накидний (кільцевий)</i> – ріжки в нього замінені суцільним кільцем.
	<i>Комбінований</i> – із ріжковим зівом на одному кінці та кільцевим (рідше з шарнірною торцевою головкою) на другому.
	<i>Торцевий (люльковий, гніздовий)</i> – ключ у вигляді стрижня із заглибленням на торці. <i>Балонний</i> – різновид торцевого, має поперечне рукоїв'я-вороток. Ручка до гніздових ключів може бути: шарнірною; з храповим механізмом (тріскачкою), така ручка дає змогу працювати з деталлю, не переставляючи ключ; зігнутою; з викруткою рукоїв'ям.
	<i>Свічковий</i> – різновид торцевого. Призначений для робіт зі свічками запалювання автомобілів.
	<i>Шестигранний (ключ Аллена, імбусовий ключ)</i> – L-подібний, виготовлений із шестигранної заготовки різних розмірів. Призначений для гайок і болтів із шестигранним шліцом.
	<i>Ремінні або ланцюгові ключі</i> . Застосовується для захвату циліндрових деталей.
	<i>Динамометричний ключ</i> . Ключ із вбудованим динамометром для контролю моменту затягування різьбових з'єднань, запобігає пошкодженню деталей внаслідок прикладення надмірного зусилля.

Продовження таблиці 1

Вигляд ручного інструменту	Призначення
	<p><i>Розвідний</i> – різновид ріжкового ключа, у якого просвіт губок (розмір ключа) може плавно змінюватися в широких межах. <i>Шведський</i> (частіше називається просто «розвідним») – різновид розвідного ключа, у якого одна з губок приводиться в рух черв'ячним механізмом. <i>Англійський ключ чи «ключ монкі»</i> – застарілий різновид розвідного ключа молотоподібної форми з масивними губками. <i>Французький</i> – застарілий різновид розвідного ключа, що має Т-подібну форму. <i>Переставний ключ або переставні клици</i> – кліщі з переставною віссю важеля.</p>
	<p><i>Трубний ключ</i> – одинніз варіантів розвідного: він також має одну нерухому губку і одну – рухому, регульовану за допомогою гвинтової передачі. Основною відмінністю від розвідного є наявність у газового спеціальних насічок на внутрішній поверхні губок, що дають змогу охоплювати й утримувати круглі поверхні труб. Також відрізняється наявністю передачі гвинтового, а не черв'ячного типу. Застосовуються для роботи із сантехнічними або газовими трубами. Передусім інструмент такого типу призначений для фіксації та обертання труб, однак, через свою універсальність все ж може використовуватися під час роботи з деталями будь-якої форми.</p>
	<p><i>Спеціальні гайкові ключі</i>. Мають особливості конструкції і/або застосування, різко відрізняються від основного масиву інструменту для закручування різьбових з'єднань. Зазвичай вони використовуються на особливих видах виробництв або для обслуговування та ремонту окремих видів техніки. Зокрема, до числа спеціальних ключів відносяться: <i>Іскробезпечні</i> – виготовлені зі сталі з додаванням алюмінію або берилію), використовуються на виробництвах із вибухонебезпечним середовищем і не дають іскру під час падіння та контакту з металом. <i>Ушкові</i> – використовується для роботи з болтами нестандартної форми. <i>Кареточні</i> – призначенні для відвернення круглих гайок кареточного типу (з прорізами в торцевій частині або отворами). <i>Екстрактори</i> – інструменти для відкручування пошкоджених деталей (гайки зі стертими гранями, болти з відірваними голівками тощо).</p>
МОЛОТКИ	
 Тильна сторона Щока –Рукоятка Оголів'є Бойок Головка	<p>Молоток – ручний ударний інструмент широкого спектру застосування, виконаний у вигляді масивної головки тієї чи іншої форми, жорстко посадженої на держак.</p> <p>Існуючі сьогодні молотки можна розділити на кілька груп за сферами застосування: слюсарні, будівельні, рихтувальні, киянки, зворотні (інерційні), ковальські кувалди та спеціалізовані. Більшість молотків (за винятком зворотних) має принципово однакову конструкцію. Інструмент збирається з двох деталей – головки і держака (руків'я). Головка є робочим органом молотка, вона, залежно від призначення інструменту, може виготовлятися зі сталі, дерева, гуми, ударостійких пластиків та інших матеріалів. Головка може насаджуватися на держак, або виконуватися заодно з нею. У голівці молотка виконаний отвір під ручку, який може мати овальний, круглий чи інший профілі. Для надійної фіксації руків'я фіксується в отворі головки за допомогою звичайних (плоских, рифлених) або кільцевих кінів зі сталі. У голівці молотка можна виділити кілька зон: 1. Бойок – основна робоча зона, за допомогою якої наносяться удари; 2. Оголів'є – переходна частина між центром головки і бойком; 3. Тильна сторона – може виконуватися у вигляді носка, лапи або ще одного бойка; 4. Щоки – бічні частини голівки, можуть бути пласкими або нести на собі різні допоміжні пристосування. Ручки молотків можуть виготовлятися з дерева, сталі та скловолокна (фібергласа), в зонах захвату можуть розміщуватися неслизькі накладки з гуми або пластику. В найпростішому випадку держак виконує роль важеля і не має додаткових елементів, в деяких сучасних молотках у держаках виконуються отвори під карабіни і петлі, а також пристосування для виконання різних допоміжних робіт.</p>

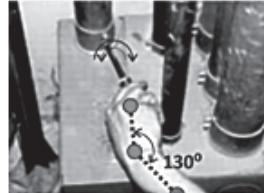
Продовження таблиці 1

Вигляд ручного інструменту	Призначення
	<p><i>Слюсарні молотки</i> – найбільш універсальний інструмент, за допомогою якого виконується широке коло робіт. Молотки даного типу оснащуються головками масою від 50 до 1000 грам різної конфігурації: з круглим бойком; з квадратним бойком; з круглим бойком і сферичною тильною частиною. Молотки оснащуються ручками довжиною від 200 мм (з круглим бойком – від 250 мм) до 400 мм, довжина держака безпосередньо залежить від маси голівки (чим важче голівка, тим більше держак). Слюсарні молотки застосовуються для виконання різних слюсарно-монтажних робіт – забивання цвяхів та іншого кріплення, гнуття і правки металу, установки деталей машин і механізмів, дроблення тощо.</p>
	<p><i>Рихтувальні молотки</i>. Рихтувальні молотки – це велика кількість інструментів, призначених для редагування листових сталевих елементів кузовів автомобілів і різних пристроїв, а також виконання художніх робіт із листовими металами різного профілю (пласкими, криволінійними). Молотки даного типу мають невелику масу і подовжене руків'я. Молотки бувають односторонніми і двосторонніми, бойки і тильні частини можуть мати такі форми: пласкі – вузькі та широкі, квадратні й круглі; радіусні (сферичні) великі та малі; загострені – бородкові, піки (гострі та притуплені); з рифленою поверхнею. Також до рихтувальних молотків належать киянки з гумовими, пластиковими та комбінованими (двокомпонентними) бойками невеликої площини. В окрему категорію виділяються гладилки – пласкі інструменти з гладкою робочою частиною або з рискою, які використовуються спільно зі звичайними слюсарними молотками.</p>
	<p><i>Киянки</i>. Киянки спеціальні молотки з голівками з м'яких матеріалів, призначені для виконання формувальних робіт, операцій із обробки деревини, рихтувальних та інших робіт. Киянки можуть мати головки з різних матеріалів: деревина (береза 1 сорту); гума; ударостійкі пластики; м'які метали – свинець, мідь. Зазвичай голівки киянок мають два одинакових бойка круглого, прямокутного або квадратного перетину. Маса інструменту може досягати 1,6 кг.</p>
	<p><i>Ковальські кувалди</i>. Кувалди – молотки великої маси, призначені для виконання ковальських робіт, дроблення каменю та інших операцій, де необхідні великі ударні навантаження. Кувалди оснащуються тупоносими (два сферичних бойка) і гостроносими (один сферичний бойок і носок) голівками, причому гостроносі голівки бувають двох видів – із поперечним і поздовжнім розташуванням носка. Маса кувалд лежить у межах 2-16 кг (гостроносих – не більше 8 кг), вони оснащуються держаками завдовжки до метра і більше.</p>
ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТИСКАННЯ	
	<p><i>Пасатижі</i> належать до категорії ручного інструменту, що застосовується в електромонтажних роботах та операціях з металовиробами. Робоча поверхня має піраміdalну форму, на внутрішній стороні пласких губок наносяться насічки. Конструкція складається з двох деталей, які з'єднуються буквою «Х» і закріплюються на шарнірі, що забезпечує їх рухливість. Кожна деталь складається з робочої частини, що переходить в ручку, яка становить з нею єдине ціле. Завдяки пласкій поверхні губок, стає можливим надійне захоплення, загин, впевнене утримування і скручування проводки, а також різних деталей із дроту і м'яких металів. Крім свого основного призначення, плоскогубці можуть використовуватися як гайковий ключ, розміри якого обмежені розсувними губками.</p>
	<p><i>Пасатижі</i> – є універсальним інструментом. Вони здатні виконувати значно більшу кількість операцій і завдань, оскільки їх губки оснащені різними віймками, захопленнями, ріжучими крайками як на внутрішній, так і на зовнішній стороні.</p>
	<p><i>Плоскогубці</i> – призначенні для виконання захоплення, стиснення, загинання різних деталей або заготівок. Робочі поверхні прямі, зазвичай із дрібним рифлінням для уникнення прослизання матеріалу під час захоплення.</p>

Рис. 1. Фрагмент калькулятора чек-листа методу «RULA»

Таблиця 2

Результати обрахунку ризику під час роботи з ручним інструментом

Показник	Робота з використанням ручного інструменту	
РОБОТА З ВИКРУТКОЮ		
Поза руки робітника під час роботи з викруткою	(незручна поза)	(зручна поза)
		
Навантаження, кг	≈2	1,5
Результат, отриманий за методом «RULA»	7	4
Рівень ризику	Неприпустимий	Середній
Ймовірність захворювання/травмування, R	0,99	0,7
РОБОТА З КЛЮЧАМИ		
Поза руки робітника під час роботи з ключом/гайковертом	(незручна поза)	(зручна поза)
		
Навантаження	4	1
Результат, отриманий за методом «RULA»	7	3
Рівень ризику	Неприпустимий	Середній
Ймовірність захворювання/травмування, R	0,99	0,65
РОБОТА З МОЛОТКОМ		
Поза руки робітника під час роботи з молотком/гайковертом	(незручна поза)	(зручна поза)
		
Навантаження, кг	4	1
Результат, отриманий за методом «RULA»	7	3
Рівень ризику	Неприпустимий	Середній
Ймовірність захворювання/травмування, R	0,99	0,65

Результати обрахунку ризику під час роботи з ручним інструментом

Показник	Робота з використанням ручного інструменту	
	РОБОТА З ПЛОСКОГУБЦЯМИ	
Поза руки робітника під час роботи з плоскогубцями	(незручна поза)	(зручна поза)
		
Навантаження, кг	≈2	1,5
Результат, отриманий за методом «RULA»	7	4
Рівень ризику	Неприпустимий	Середній
Ймовірність захворювання/травмування, R	0,99	0,7

зменшити ергономічний ризик і за рахунок зручного захоплення.

При цьому необхідно звернути увагу, що один і той самий інструмент, виходячи з умов праці може привести до різних показників ризику. У табл. 3 наочно представлено, як плоскогубці із зігнутим руків'ям призводять до перевантаження повздовжніх м'язів кисті рук за умови вертикального захвату, і досить зручні за умови горизонтального захвату. Те саме стосується і ручної електродрілі з різними руків'ями для захоплення. Отже, крім ергономічної конструкції інструменту важливо щоб він відповідав вимогам виробничого середовища і не приводив до додаткових незручностей. Також важливо розуміти для чого використовується інструмент. Наприклад, для слюсарного молотка із захватом однією рукою діаметр руків'я повинен бути в межах від 30 до 50 мм, тоді як для інструментального – цей розмір дещо менший (15-25 мм).

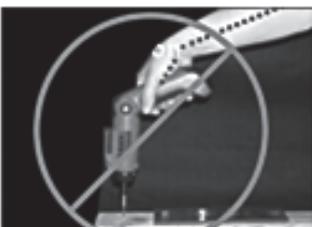
Проведені дослідження показали, що недоцільно встановлювати окремі вказівки щодо оцінки всіх видів ручних інструментів. Найбільшої ефективності можна досягти, коли задля оцінки ергономічного ризику травмування застосовувати запропонований підхід, який базується на визначені ергономічних особливостей конструкції інструментів. Представлений контрольний список дає ззмогу застосувати на практиці запропонований підхід. Також він може безпосередньо застосовуватися працівниками. В цьому випадку працівники, незалежно від рівня їхнього досві-

ду, можуть оцінювати та вибирати ручний інструмент «без потужності», виходячи з якості його ергономічного дизайну. Фактична реалізація на підприємствах і виробництвах *принципу застосування ергономічного інструменту* досягається шляхом первинного інформування працівників, під час якого розкриваються особливості ергономічних показників інструментів, з подальшим візуальним інформуванням (інформаційні щити, плакати, проспекти тощо). Постійне візуальне інформування дає змогу працівнику підсвідомо виконати правильний з погляду ергономічності вибір інструменту. Застосування ергономічного інструменту дає змогу не тільки знизити ергономічні ризики травмування кінцівок та виникнення професійних захворювань опорно-рухового апарату робітника, а й підвищити продуктивність праці до 30 %. Беручи до уваги результати проведеного дослідження, сформовано приклад наглядного інформаційного щита, який надає рекомендації стосовно зручності захватів силового ручного інструменту (табл. 4).

Під час роботи з ручним інструментом рекомендується керуватися правилом – ручний інструмент є ергономічним, якщо він відповідає поставленим завданням, є зручним у використанні для конкретного працівника, пасує робочому місцю, тобто забезпечує зручне положення з мінімальними затратами фізичної енергії (зменшує зусилля). Під час вибору ручного інструменту необхідно зважати на завдання для вирішення якого він потрібен, умови праці, навколишнє середовище, а

Таблиця 3

**Результати розрахунку ергономічного ризику травмування
за методом «RULA»**

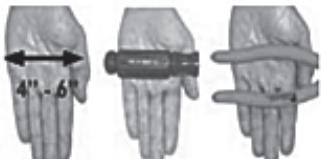
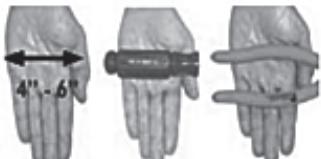
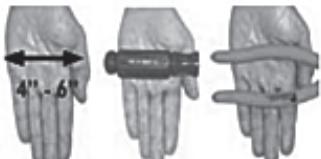
Незручні пози, які призводять до проблем зі здоров'ям	Зручні пози з мінімальним ризиком
  Плоскогубці з прямим руків'ям. Величина ризику 7 балів	  Плоскогубці із зігнутим руків'ям Величина ризику 4 бали
 Плоскогубці із зігнутим руків'ям Величина ризику 7 балів	 Плоскогубці з прямим руків'ям Величина ризику 4 бали
 Електродріль із прямим руків'ям Величина ризику 7 балів	 Електродріль із зігнутим руків'ям Величина ризику 4 бали
 Електродріль із зігнутим руків'ям Величина ризику 7 балів	 Електродріль із прямим руків'ям Величина ризику 4 бали

також на відповідність антропометричним характеристикам рук працівників.

Разом з цим проведені дослідження не є всеоб'ємними, тому їх потрібно продовжувати, що дасть можливість оцінити більшу кількість ручного інструменту та доповнити представлений контрольний список. Розширення контрольного списку за запропонованим підходом дасть змогу досягти балансу між простотою та зручністю використання інструменту та його точністю. У подальших дослідженнях необхідно сконцентрува-

тися на: уточненні критеріїв контрольного списку; наданні більш чітких вказівок для оцінки ручних інструментів; визначені взаємозв'язків між особливостями конструкції ручного інструменту та кількісними заходами фізичних навантажень верхньої кінцівки тулуба людини. Також, для оцінки чутливості контрольного списку – як інструменту для розмежування між ергономічно добре розробленими та погано розробленими ручними інструментами, доцільно провести валідаційні дослідження.

Рекомендації щодо розмірів деяких силових ручних інструментів

Інструмент для однієї руки	Інструменти з двома руків'ями
	
Для слюсарних молотків діаметр руків'я в межах 30 – 50 мм	Для молоточків діаметр руків'я повинен бути в межах 10 – 15 мм
	
Виберайте інструмент із м'яким руків'ям	За коротких руків'їв їх кінці можуть призводити до дискомфорту долонь
	
У плоскогубців, ширина між руків'ями повинна бути не більше 80 мм	Для щипців ширина між руків'ями повинна бути не більше 40 мм
	
Довжина руків'я повинна бути довша за ширину долоні	Для різців бажано мати між руків'ями пружину, щоб повернати їх у відкрите положення

Висновки

1. Виконання аналізу ергономічності ручного інструменту, який використовується на виробництві, дає змогу отримати достовірні показники ергономічних ризиків травмування кінцівок і виникнення професійних захворювань опорно-рухового апарату робітника.

2. Фактична реалізація на підприємствах і виробництвах принципу застосування ергономічного інструменту досягається шляхом первинного інформування працівників, під час якого розкриваються особливості ергономічних показників інструментів, із подальшим візуальним інформуванням (інформаційні щити, плакати, проспекти тощо). Постійне візуальне інформування дає змогу працівнику підсвідомо виконати правильний з погляду ергономічності вибір інструменту.

3. Застосування ергономічного інструменту дає змогу не лише знизити ергономічні ризики травмування кінцівок і виникнення професійних захворювань опорно-рухового апарату робітника, а й підвищити продуктивність праці до 30 %.

4. Проведені дослідження не є всеохопними, тому їх потрібно продовжувати, що дасть змогу оцінити більшу кількість ручного інструменту та доповнити представлений контрольний список. Розширення контрольного списку за запропонованим у роботі підходом дасть змогу досягти балансу між простотою та зручністю використання інструменту, його точністю. У подальших

дослідженнях необхідно сконцентруватися на: уточненні критеріїв контрольного списку; наданні більш чітких вказівок для оцінки ручних інструментів; визначені взаємозв'язків між особливостями конструкції ручного інструменту та кількісними заходами фізичних навантажень верхньої кінцівки тулуба людини. Також, для оцінки чутливості контрольного списку – як інструменту для розмежування між ергономічно добре розробленими та погано розробленими ручними інструментами, доцільно провести валідаційні дослідження.

Література

- Про охорону праці [Електронний ресурс] : закон України від 21 листопада 2002 року № 229-IV. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
- Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві [Електронний ресурс] : постанова КМУ від 30 листопада 2011 року № 1232. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1232-2011-%D0%BF>.
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V. & Garg A. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute of Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Science 1994. Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf>.
- Oregon Occupational Safety & Health Administration (OSHA). 2014. Oregon OSHA Technical Manual (TM), Ventilation Investigations, Section III, Chapter 3. Available at: <http://www.orosha.org/standards/technical-manual/Section3-Chapter3.pdf>.
- Tullar, J.M., Brewer, S., Amick, B.C., Irvin, E., Mahood, Q., Pompeii, L.A., Wang, A., Van Eerd, D., Gimeno, D. & Evanoff, B. (2010). Occupational safety and health interventions to reduce musculoskeletal symptoms in the health care sector. Journal

- of Occupational Rehabilitation, 20(2):199-219. DOI:10.1007/s10926-010-9231-y.
6. What Does TILE Stand For? The TILE & LITE Acronyms / High Speed Training. [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <https://www.highspeedtraining.co.uk/hub/what-does-tile-stand-for/>.
 7. Ku, C.H., Radwin, R.G., & Karsh B. T. (2007). Power hand tool kinetics associated with upper limb injuries in an automobile assembly plant. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4(6), 391-399. DOI:10.1080/15459620701326521.
 8. Dababneh, A., Lowe, B., Krieg, E., Kong, Y.K., & Waters, T. (2004). A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Nonpowered Hand Tools. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1(12), D135-D145. DOI: 10.1080/15459620490883150.
 9. Myers, J.R., & Trent, R.B. (1988). Hand tool injuries at work: A surveillance perspective. Journal of Safety Research, 19, 165-176.
 10. Aghazadeh, F., & Mital, A. (1987). Injuries due to hand tools. Applied Ergonomics, 4, 273-278. DOI: 10.1016/0003-6870(87)90134-7.
 11. Woodson, W.E., Tillman, B., & Tillman, P. (1992). Human Factors Design Handbook. New York: McGraw-Hill Education, P. 846. ISBN 9780070717688.
 12. Canada Safety Council (CSC): Hand Protection Occupational Safety and Health, (Data Sheet No. H-5). Ottawa: CSC, 1984.
 13. Mital, A. & Sanghavi, N. (1986). Comparison of maximum volitional torque exertion capabilities of males and females using common hand tools. Human Factors, 28(3), 283-293. DOI: 10.1177/001872088602800304.
 14. Helander, M.G. (1991). Safety hazards and motivation for safe work in the construction industry. International Journal of Industrial Ergonomics, 8, 205-223. DOI: 10.1016/0169-8141(91)90033-I.
 15. Ершов М.Н. (2010). Эргономика ручного строительного инструмента. К вопросу о выборе оптимальных характеристик лопат, применяемых в строительстве. Вестник МГСУ, 4, 288-295.
 16. Lewis, W.G., & Narayan, C.V. (1993). Design and sizing of ergonomic handles for hand tools. Applied Ergonomics, 24, 351-356. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90074-J.
 17. Dababneh, A., & Waters, T. (1999). The ergonomic use of hand tools: Guidelines for the practitioner. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 14, 208-215. DOI: 10.1080/104732299302954.
 18. Eastman Kodak Company. (2003). Ergonomic Design for People at Work. New York: John Wiley & Son, P. 736. ISBN 9780471418634.
 19. Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H.W. (2005). Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. Taylor & Francis, P. 768. ISBN 9780415287005.
 20. Alleblas, C.C.J., Vleugels, M.P.H. & Nieboer, T.E. (2016). Ergonomics of laparoscopic graspers and the importance of haptic feedback: the surgeons' perspective. Gynecological Surgery, 13, 379-384. DOI:10.1007/s10397-016-0959-z.
 21. Harih, G. & Dol?ak, B. (2014). Comparison of subjective comfort ratings between anatomically shaped and cylindrical handles. Applied Ergonomics, 45, 943-954. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.11.011.
 22. Gonz?lez, A.G., Salgado, D.R. & Garc?a Moruno, L. (2015). Optimisation of a laparoscopic tool handle dimension based on ergonomic analysis. International Journal of Industrial Ergonomics, 48, 16-24. DOI: 10.1016/j.ergon.2015.03.007.
 23. Минько, В.М. (2008). Математическое моделирование в охране труда: Монография. – Калининград, КГТУ, – 247 с. ISBN 978-5-94826-204-8.
- ## References
1. On labor protection [Pro okhoronu pratsi. The law of Ukraine, 21 November, 2002, № 229-IV], – Retrieved from: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. [In Ukraine]
 2. Some issues of investigation and accounting of accidents, occupational diseases and accidents at work, [Deyaki pytannya rozsliduvannya ta obliku neshchasnykh vypadkiv, profesiynykh zakhvoryuvan? i avariiv na vyrobnytstvi, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, 30 November, 2011, №1232]. – Retrieved from: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1232-2011-%D0%BF>. [In Ukraine]
 3. Waters, T.R., Putz-Anderson, V. & Garg A. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute of Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Science 1994. Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf>.
 4. Oregon Occupational Safety & Health Administration (OSHA). 2014. Oregon OSHA Technical Manual (TM), Ventilation Investigations, Section III, Chapter 3. Available at: <http://www.orosha.org/standards/technical-manual/Section3-Chapter3.pdf>.
 5. Tullar, J.M., Brewer, S., Amick, B.C., Irvin, E., Mahood, Q., Pompeii, L.A., Wang, A., Van Eerd, D., Gimeno, D. & Evanoff, B. (2010). Occupational safety and health interventions to reduce musculoskeletal symptoms in the health care sector. Journal of Occupational Rehabilitation, 20(2):199-219. DOI:10.1007/s10926-010-9231-y.
 6. What Does TILE Stand For? The TILE & LITE Acronyms / High Speed Training, 2019. – Retrieved from: <https://www.highspeedtraining.co.uk/hub/what-does-tile-stand-for/>.
 7. Ku, C.H., Radwin, R.G., & Karsh B. T. (2007). Power hand tool kinetics associated with upper limb injuries in an automobile assembly plant. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4(6), 391-399. DOI:10.1080/15459620701326521.
 8. Dababneh, A., Lowe, B., Krieg, E., Kong, Y.K., & Waters, T. (2004). A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Nonpowered Hand Tools. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1(12), D135-D145. DOI: 10.1080/15459620490883150.
 9. Myers, J.R., & Trent, R.B. (1988). Hand tool injuries at work: A surveillance perspective. Journal of Safety Research, 19, 165-176.
 10. Aghazadeh, F., & Mital, A. (1987). Injuries due to hand tools. Applied Ergonomics, 4, 273-278. DOI: 10.1016/0003-6870(87)90134-7.
 11. Woodson, W.E., Tillman, B., & Tillman, P. (1992). Human Factors Design Handbook. New York: McGraw-Hill Education, P. 846. ISBN 9780070717688.
 12. Canada Safety Council (CSC): Hand Protection Occupational Safety and Health, (Data Sheet No. H-5). Ottawa: CSC, 1984.
 13. Mital, A. & Sanghavi, N. (1986). Comparison of maximum volitional torque exertion capabilities of males and females using common hand tools. Human Factors, 28(3), 283-293. DOI: 10.1177/001872088602800304.
 14. Helander, M.G. (1991). Safety hazards and motivation for safe work in the construction industry. International Journal of Industrial Ergonomics, 8, 205-223. DOI: 10.1016/0169-8141(91)90033-I.
 15. Ершов, М.Н. (2010). Эргономика ручного строительного инструмента. К вопросу о выборе оптимальных характеристик лопат, применяемых в строительстве. Вестник МГСУ, 4, 288-295. [In Russian]
 16. Lewis, W.G., & Narayan, C.V. (1993). Design and sizing of ergonomic handles for hand tools. Applied Ergonomics, 24, 351-356. DOI: 10.1016/0003-6870(93)90074-J.
 17. Dababneh, A., & Waters, T. (1999). The ergonomic use of hand tools: Guidelines for the practitioner. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 14, 208-215. DOI: 10.1080/104732299302954.
 18. Eastman Kodak Company. (2003). Ergonomic Design for People at Work. New York: John Wiley & Son, P. 736. ISBN 9780471418634.
 19. Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H.W. (2005). Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. Taylor & Francis, P. 768. ISBN 9780415287005.
 20. Alleblas, C.C.J., Vleugels, M.P.H. & Nieboer, T.E. (2016). Ergonomics of laparoscopic graspers and the importance of haptic feedback: the surgeons' perspective. Gynecological Surgery, 13, 379-384. DOI:10.1007/s10397-016-0959-z.
 21. Harih, G. & Dol?ak, B. (2014). Comparison of subjective comfort ratings between anatomically shaped and cylindrical handles. Applied Ergonomics, 45, 943-954. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.11.011.
 22. Gonzalez, A.G., Salgado, D.R. & Gareca Moruno, L. (2015). Optimisation of a laparoscopic tool handle dimension based on ergonomic analysis. International Journal of Industrial Ergonomics, 48, 16-24. DOI: 10.1016/j.ergon.2015.03.007.
 23. Min'ko, V.M. (2008). Matematicheskoye modelirovaniye v okhrane truda]: Monograph. – Kaliningrad, KSTU, – 247 p. ISBN 978-5-94826-204-8. [In Russian]

© Г. Ю. Бурлакова, канд. техн. наук, доцент,
e-mail: galochkagoogl@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-1873-5518;
© Д. І. Ганжесев, аспірант,
e-mail: d-gan@ro.ru,
ORCID: 0000-0000-0000-0000
ДВНЗ "Приазовський державний технічний університет"

© Galina Burlakova, Candidate of Technical Sciences, Docent,
e-mail: galochkagoogl@gmail.com,
ORCID: 0000-0000-0000-0000;
© Dmitry Ganzheev, Postgraduate Student,
e-mail: d-gan@ro.ru,
ORCID: 0000-0002-3438-0086
Priazovskyi State Technical University

ВПЛИВ СТОХАСТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ. ЧАСТИНА 2

INFLUENCE OF STOCHASTIC FACTORS ON THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF TRANSPORT FLOWS. PART 2

Анотація. У першій частині статті були описані існуючі проблеми невизначеності в системі оперативного перерозподілу транспортних потоків, розглядалися стохастичні фактори, пов'язані безпосередньо з рухом автотранспортних засобів, які потребують врахування під час оперативного управління транспортними потоками, а також особливості їх впливу на короткочасний стан транспортної системи. Було наведено спрощену класифікацію стохастичних факторів й алгоритми їх зв'язку, запропоновані методи формування графічних матеріалів і математичних апроксимацій. Пропонувалися формули для розрахунку деяких випадкових величин. У другій частині розглядаються питання впливу погодно-кліматичних, соціально-політичних і інших факторів, а також наводиться розгорнута блок-схема виявлення стохастичних факторів, формування інформаційних масивів, їх аналізу та подачі керуючих сигналів у систему оперативного управління.

Ключові слова: стохастичні фактори, автомобільний транспорт, транспортний потік, транспортна система, транспортне планування, управління, регулювання.

Аннотация. В первой части статьи были описаны существующие проблемы неопределенности в системе оперативного перераспределения транспортных потоков, рассматривались стохастические факторы, связанные непосредственно с движением автотранспортных средств и требующие учета при оперативном управлении транспортными потоками, а также особенности их влияния на кратковременное состояние транспортной системы. Приводилась упрощенная классификация стохастических факторов и алгоритмы их связи, предлагались методы формирования графических материалов и математических аппроксимаций. Указывались формулы для расчета некоторых случайных величин. Во второй части рассмотрены вопросы влияния погодно-климатических, социально-политических и других факторов, а также приведена развернутая блок-схема выявления стохастических факторов, формирования информационных массивов, их анализа и подачи управляющих сигналов в систему оперативного управления.

Ключевые слова: стохастические факторы, автомобильный транспорт, транспортный поток, транспортная система, транспортное планирование, управление, регулирование.

Abstract. In the first part of the article, the existing problems of uncertainty in the system of operational redistribution of traffic flows were described, stochastic factors directly related to the movement of vehicles and requiring consideration in the operational management of traffic flows, as well as the features of their influence on the short-term state of the transport system were considered. A simplified classification of stochastic factors was given, algorithms for the connection of these factors with each other and with indicators that were already taken into account by the management system were given, the nature of the influence was indicated. Statistical samples of data were analyzed and the basics of methods of working with them were indicated. For the most common stochastic factors, such as the number of road accidents on the street and road networks of cities, methods for the formation of graphic materials and mathematical approximations were proposed, formulas for calculating some random variables were recommended, including using limits within the framework of the phase theory of traffic flows ... The second part of the article examines the influence of weather and climatic, socio-political and other stochastic factors of a global nature on the state of the transport system. Cartograms are presented, with the help of which it is possible to establish stochastic dependences of climatic changes and changes in the ecological state on the example of Mariupol. Formulas and calculations of probabilities and levels of specific factors are indicated, examples of graphic materials are given. A detailed block diagram of identifying stochastic factors, the formation of information arrays, their analysis and supply of control signals to the operational control system is proposed for practical use. The diagram shows a clear differentiation of the primary and secondary arrays of stochastic data, and indicates their recommended connections with the operational management system of the transport process. With the help of the stated theoretical foundations, it becomes possible to increase the efficiency of the city's transport system by optimizing the processes of operational redistribution of traffic flows on the street-road network and making changes to the processes of short-term planning.

Keywords: stochastic factors, road transport, traffic flow, transport system, transport planning, management, regulation.

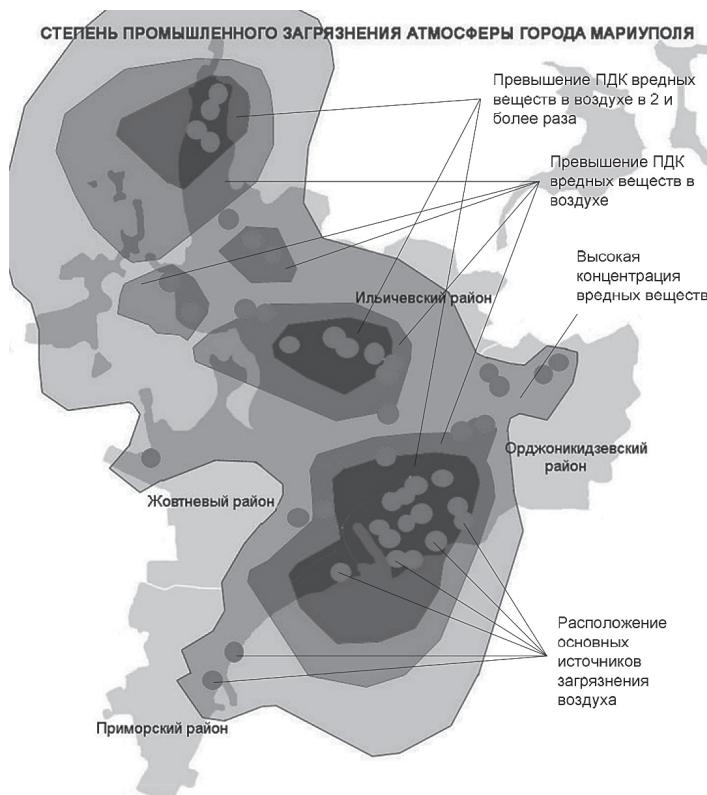
Вступ

У частині 1 нашої статті («Автошляховик України» № 3'2020, С. 23-27) розглядалися стохастичні фактори, пов'язані безпосередньо з рухом автотранспортних засобів, зокрема загальна кількість ДТП, фактична і розрахункова кількість ДТП з тяжкими наслідками; наводилися методи їх аналізу і прогнозування, надавалися приклади математичних апроксимацій статистичних вибірок. Проте, як зрозуміло з наданих алгоритмів взаємопливу в системі стохастичних факторів, жодна випадкова величина на транспорті не може розглядатися окремо – вона впливає на інші елементи системи і сама зазнає їх впливу. Тому необхідно у частині 2 нашої статті ми продовжили дослідження, проаналізували особливості врахування й прогнозування впливів стохастичних факторів глобального характеру, зокрема, погодно-кліматичних, соціально-політичних та інших. Результатом аналізу повинен стати замкнений алгоритм виявлення стохастичних факторів, формування інформаційних масивів, їх аналізу та постачання керуючих сигналів, достатньо інформативний для врахування при оперативному управлінні транспортними потоками на вулично-дорожній мережі міста.

Основна частина

Статистичні дані для погодно-кліматичних факторів збираються за алгоритмом, подібним до алгоритмів, наданих у частині 1 нашої статті («Автошляховик України», № 3'2020, рис. 3, С. 26, рис. 4, С. 27). Однак, окрім загального аналізу критичних точок по місяцях року протягом розрахункового періоду, потрібно враховувати чинники, що виникають раптово і не піддаються прогнозуванню [2, 9]. В умовах м. Маріуполя це стосується передусім штормових вітрів і різкого підвищення рівня опадів, які викликаються переміщенням циклонів і антициклонів у шарах атмосфери. Крім того, важливу роль відіграє промисловий смог, який частково формує мікроклімат регіону.

Прогнозування погодно-кліматичних умов у місті Маріуполі ускладнене, зокрема його специфічними фізико-географічними умовами. Близькість моря викликає бризговий рух повітряних мас над містом, що, з одного боку, сприяє швидкій дифузії атмосферних забруднень, з другого – перешкоджає природному руху північних і північно-західних вітрів, не підпускаючи грозові хмари до прибережної зони. Яскравим прикладом може слугувати погода в 2019 році, коли



a)



б)

Рис. 1. Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря в м. Маріуполі (а) та шляхи поширення промислового смогу (б)

руху повітряних мас антициклону Quincy в приазовських районах протидіяли типові близові південно-східні вітри.

Експертна група, яка займається питаннями моделювання стохастичних чинників погодно-кліматичної підгрупи, повинна включати фахівців у сфері локальної метеорології, здатних своєчасно спрогнозувати можливі кризові стани системи. Розглянемо статистичні дані, опубліковані на довідково-інформаційному порталі «Погода та клімат» [10]:

Для обліку ймовірності виникнення критичних станів на ВДМ міста під впливом температурних факторів доцільно ввести систему обмежень змінної, що характеризує оптимальні, передкритичні та критичні стани:

$$t_{\text{факт.}} \in \lim_{t_{m.\min} \rightarrow t_{m.\max}} t_{cp.}$$

– оптимальний (безпечний) стан системи; (1)

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{факт.}} \in \lim_{t_{m.\min} \rightarrow t_{m.\max}} t_{cp.} \\ t_{\text{факт.}} \notin \lim_{t_{m.\min} \rightarrow t_{m.\max}} t_{cp.} \end{array} \right\}$$

– передкритичний стан; (2)

$$t_{\text{факт.}} \notin \lim_{t_{m.\min} \rightarrow t_{m.\max}} t_{cp.}$$

– критичний стан. (3)

- $t_{\text{факт.}}$ – фактична температура у визначений момент часу;
- $t_{cp.}$ – середньостатистичне значення температури за розрахунковий місяць;
- $t_{m.\min}$ – середньо-мінімальна температура;

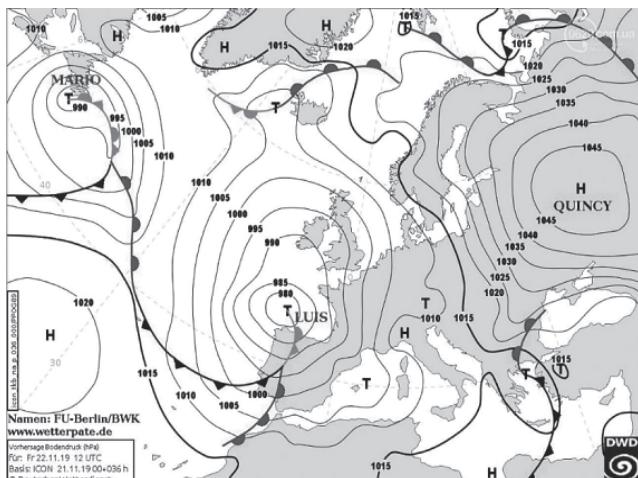


Рис. 2. Антициклон Quincy на карті Європи

- $t_{m.\max}$ – середньо-максимальна температура;
- $t_{m.\min}$ – мінімальна температура;
- t_{max} – максимальна температура.

Статистичні показники кількості опадів розраховуються за схожою методикою, однак вимагають обліку не тільки середньомісячних, а й критичних добових значень.

Подібний підхід до визначення рівня опадів дає змогу розпізнати такі проблеми транспортної системи:

- зниження керованості та гальмівної ефективності транспортних засобів на мокрих, забруднених, засніжених і скрижанілих дорогах;
- падіння видимості, викликане щільними потоками опадів;
- виникнення в холодну пору року снігових заметів, що ускладнюють рух;
- прискорене зношування деяких частин транспортних засобів, викликане процесами корозії й агресивним впливом хімічних речовин.

Для побудови графіків рівня опадів використовуємо дані довідково-інформаційного порталу "Погода та клімат" [10]:

Для прогнозування заходів щодо запобігання небажаних станів транспортної системи, викликаних різким підвищеннем або зниженням рівня опадів, необхідний ефективний спосіб розрахунку очікуваного місячного рівня опадів з урахуванням специфічних умов конкретного регіону, оперативних даних за найближчі розрахункові періоди та зафіксованих раніше критичних рівнях. Пропонується використання такої формули:

$$H_p + 0,25 \left(H_{n.(i)} + \frac{H_{\min.(i)} + H_{\max.(i)}}{2} = 30 \frac{\sum_n^m h_{\text{факт.}}}{m-n} + kh_{\max.(i)} \right) \quad (4)$$

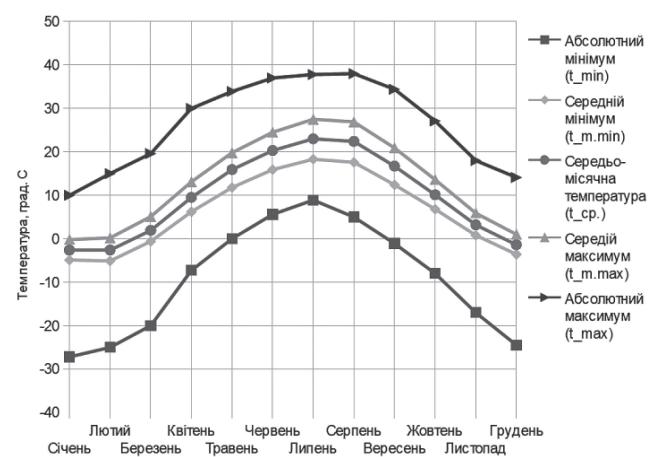


Рис. 3. Графіки середньомісячних температур в м. Маріуполі за розрахунковий період (1955-2018 рр.)

де:

- $H_{p,i}$ – очікуваний у визначеному місяці рівень опадів;
- $H_{u(i)}$ – нормативний рівень опадів для розрахункового місяця;
- $H_{min,(i)}$ – мінімальний зафікований місячний рівень опадів;
- $H_{max,(i)}$ – максимальний зафікований місячний рівень опадів;
- n – початковий день контрольного періоду;
- m – кінцевий день контрольного періоду;
- $h_{\text{факт.}}$ – фактичний рівень опадів у кожен із днів контрольного періоду;
- $h_{\text{max},(i)}$ – максимальний добовий рівень опадів зі статистичної вибірки.
- k – коригуючий коефіцієнт, встановлюється емпірично ($k \leq 1$).

Контрольний період, заданий інтервалом $n \dots m$, може припасти на попередній місяць, на попередній і поточний місяці або цілком на поточний місяць (наприклад, під час оперативного уточнення розрахункових даних). Його тривалість встановлюється залежно від статичності погоди в даному регіоні у заданий період року.

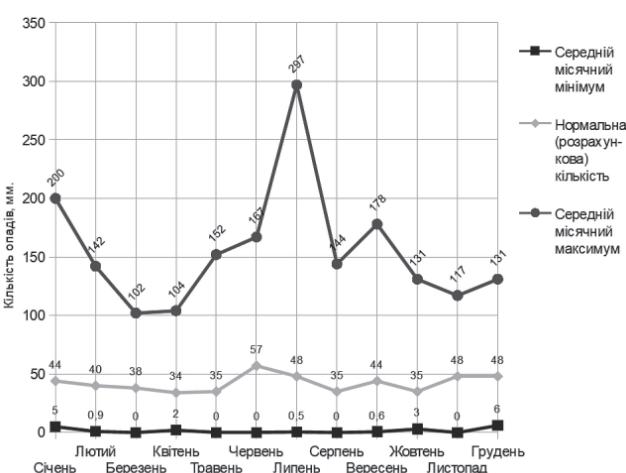


Рис. 4. Графік середньомісячної кількості опадів у м. Маріуполі за розрахунковий період (1955-2018 роки)

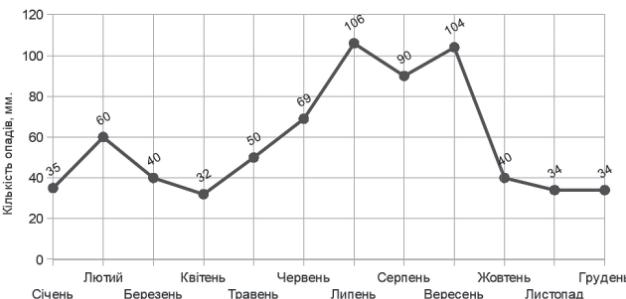


Рис. 5. Графік максимальної добової кількості опадів у м. Маріуполі за розрахунковий період (1955-2018 роки)

Зміни в соціальній поведінці людей, фактори глобального економічного або політичного характеру можуть прогнозуватися виключно методом експертних оцінок [5, 7]. Для розрахунку загального математичного еквіваленту групи глобальних змін складаються підгрупи елементів, кожній з яких присвоюється коефіцієнт кореляції. Умовно такий підхід можна подати у вигляді виразу:

$$C_{p,i} = k_c \frac{\sum_{n=1}^m C_{\text{факт.}}}{m-n}, \quad (5)$$

де:

- $C_{p,i}$ – очікуваний еквівалент соціальних, політичних або інших глобальних змін;
- $C_{\text{факт.}}$ – фактичний еквівалент соціальних, політичних або інших глобальних змін за розрахунковий період;
- n – початковий день контрольного періоду;
- m – кінцевий день контрольного періоду;
- k_c – коефіцієнт кореляції, наданий певному факторові методом експертного оцінювання ($0 < k_c \leq 2$).

У такому випадку сумарна оцінка ризиків – середнє арифметичне з групи окремих глобальних факторів, що були оцінені й обчислені. Вибір цих елементів залежить від індивідуальних особливостей регіону, який аналізується.

Узагальнений алгоритм врахування стохастичних факторів представлено на рис. 6.

У структуру первинного масиву даних входять елементи короткострокового планування. У вторинному масиві згруповани та узагальнені статистичні дані по заздалегідь визначеним розрахунковим періодам. Власне вони не є достатньо релевантними для прийняття управлінських рішень, однак, за умови комбінування отриманих вибірок з інтерактивними системами оперативного виявлення і розпізнавання критичних і передкритичних станів на різних ділянках ВДМ, забезпечують істотне зниження рівня невизначеності в транспортній системі, гарантуючи високу ймовірність своєчасного розпізнання ризиків і проведення заходів з їх уникнення.

Висновки

У викладеному матеріалі було продовжено формування теоретичного базису урахування впливу стохастичних факторів на оперативне управління транспортними потоками в умовах вулично-дорожньої мережі міста. Для цього здійснено:

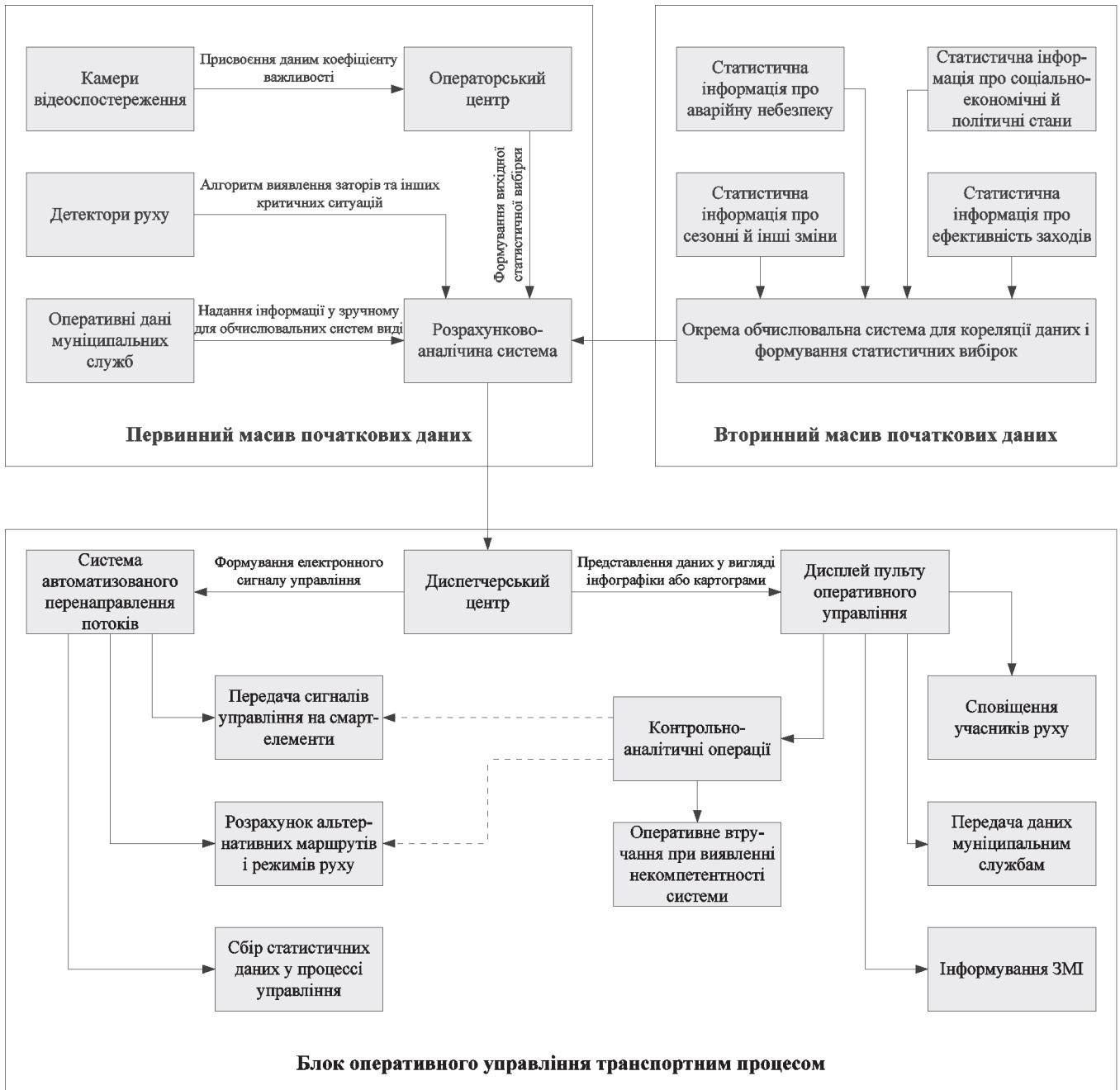


Рис. 6¹. Блок-схема виявлення стохастичних факторів, формування інформаційних масивів, їх аналізу та подачі керуючих сигналів

1. Оцінку екологічного стану регіону, визначення рівня забруднення повітря та шляхів його поширення (рис. 1).
2. Оцінку погодно-кліматичних факторів та розробку рівнянь для визначення рівня їх впливу в майбутньому (рис. 2-5; формули 1-4).
3. Розробку шляхів урахування глобальних соціальних, політичних та інших станів регіону чи країни загалом (формула 5).
4. Розробку блок-схеми виявлення стохастич-

них факторів, формування інформаційних масивів, їх аналізу та подачі керуючих сигналів (рис. 6).

Запропонований підхід здатний істотно підвищити ефективність організаційних заходів, забезпечивши безперебійне функціонування транспорту в найскладніших умовах невизначеності зовнішніх чинників.

Подальшою розробки потребують нюанси формування експертних оцінок та особливості адаптації математичних апроксимацій стохастичних факторів до надання в обчислювальні системи.

References

1. Balakin, V. V. (2018). Formirovanie i razvitiye transportnyh sistem gorodov : ucheb. posobie [Formation and development of urban transport systems: a manual]. Russia, Volgograd, Volgograd state technical university, 86.
2. Guk V. I. & Shkodovs'kij J. M. (2009). Transportni potoki: teoriya ta iї zastosuvannja v urbanistici : monografija [Transportation flows: theory and its application in urban science: monograph]. Ukraine, Kharkov, 231.
3. Krylatov A. Y. & Zaharov V. V. (2012). Upravlenie transportnymi potokami megapolisov [Management of traffic flows in megacities]. Russia, St. Petersburg, Flexibility and adaptability of global supply chains: collection of articles, 5, 305-310.
4. Lashhenih O. A., Kuz'kin O. F. & Gricaj S. V. (2011). Imovirnisi i statistiko-eksperimental'ni metodi analizu transportnih sistem: navchal'nij posibnik [Probabilistic and statistically-experimental methods of analysis of transport systems: a manual]. Ukraine, Zaporizhzhja, National university "Zaporizhzhia polytechnic", 420.
5. Martynova E. S. (2019). Ocenna urovnej obsluzhivaniya dvizheniya transportnyh potokov na osnove nechetkih jekspertnyh sistem [Assessment of service levels of traffic flow based on fuzzy expert systems] : PhD thesis. Russia, Saratov, 203.
6. Miheeva T. I. & Miheev S. V. (2012). Modeli upravlenija transportnymi potokami v uslovijah zatora [Models of traffic control in a traffic jam]. Software products and systems, 5, 50-55.
7. Nemenko M. V., Les'ko S. A. & Zhukov D. O. (2015). Balansirovka potokov v zagruzhennyh transportnyh setjakh na osnove stohasticheskoy modeli [Flow balancing in busy transport networks based on a stochastic model]. Russia, Moscow, Problems of modern informatics: Tr. 2nd youth. scientific conf., 6, 121-127.
8. Sohac'kij A. V., Romanenko E. M. & Ivanisenko I. S. (2017). Modeljuvannja lancujugovih kritichnih situacij v shhil'nomu transportnomu potoci [Modeling of chain critical situations in dense traffic flow]. International scientific journal "Internauka", № 14, 4, 92-96.
9. Meng Lu (2016). Evaluation of Intelligent Road Transport Systems: methods and Results. United Kingdom, London, The institution of engineering and technology, 457.
10. Pogoda i klimat : spravochno-inform. portal [Electronic resource] : [Web site]. Access mode: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/34712.htm>. – Screen title.

УДК 656.13.08

© О. В. Сабанська, аспірант НТУ, начальник відділу
європейської інтеграції
(АсМАП України)

DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-27-33

© Olga Sabanska, NTU graduate student, Head European Integration Division
(AsMAP Ukraine)

АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ І НАДІЙНИХ ЗОН ПАРКУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ЄВРОПІ, ЇХ ВПЛИВ НА БЕЗПЕКУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ДОТРИМАННЯ СОЦІАЛЬНИХ УМОВ

ASPECTS OF SAFE AND SECURE TRUCK PARKING AREAS DEVELOPMENT IN EUROPE AND THEIR IMPACT ON ROAD SAFETY AND FOLLOWING THE SOCIAL CONDITIONS

Анотація. Розглянута поточна ситуація щодо створення безпечних і надійних зон паркування вантажних транспортних засобів у Європі. Здійснено аналіз доповідей Міжнародного союзу автомобільного транспорту (IU) щодо проєкту профінансованого Європейським Союзом стосовно безпечних і надійних зон для паркування вантажних транспортних засобів (*Safe and secure truck parking areas (SSTPA)*) в Європі та підсумкового звіту про дослідження безпечних і надійних місця паркування вантажівок у ЄС. Здійснений аналіз європейських нормативних актів щодо управління безпекою дорожньої інфраструктури, специфікації зон паркування вантажних автомобілів, правил часу праці та відпочинку водія, а також українського законодавства щодо цих питань. Надані рекомендації можливих заходів щодо удосконалення законодавства України в частині створення SSTPA з огляду на положення Угоди про Асоціацію Україна – ЄС (Угода про Асоціацію).

Ключові слова: безпека дорожнього руху, вантажний автомобільний транспорт, паркування вантажних транспортних засобів, безпечні місця паркування, Пакет мобільності ЄС, періоди керування та відпочинку водія, Угода про Асоціацію Україна – ЄС.

Аннотация. Рассмотрена текущая ситуация по созданию безопасных и надежных зон парковки для грузовых транспортных средств в Европе. Осуществлен анализ докладов Международного союза автомобильного транспорта (IRU) по проекту профинансированному Европейским Союзом относительно безопасных и надежных зон парковки для грузовых транспортных средств (Safe and secure truck parking areas (SSTPA)) в Европе и итогового отчета об исследовании безопасных и безопасных мест для парковки грузовиков в ЕС. Проведен анализ европейских нормативных актов по управлению безопасностью дорожной инфраструктурой, спецификации зон парковки грузовых автомобилей, правил времени работы и отдыха водителя, а также украинского законодательства по этим вопросам. Даны рекомендации возможных мер по совершенствованию законодательства Украины в части создания SSTPA, учитывая положения Соглашения об ассоциации Украина – ЕС (Соглашение об Ассоциации).

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, грузовой автомобильный транспорт, парковки грузовых транспортных средств, безопасные места парковок, Пакет мобильности ЕС, периоды управления и отдыха водителя, Соглашение об ассоциации Украина – ЕС.

Abstract. The current situation is considered on the development of safe and secure parking areas for trucks in Europe. The reports of the International Road Transport Union were analyzed on the European Union-funded project on Safe and secure truck parking areas for trucks in Europe and a final report on the study of safe and secure places for truck parking in the EU. The analysis of European regulations is carried out on road infrastructure safety management, specification of truck parking zones, rules of working time and rest of the driver, as well as Ukrainian legislation on these issues. With a view to provide a consistent definition of secure truck parking areas and a quality framework, an EU-wide rating system and security and service at SSTPAs has been defined during the study that included participation by all key stakeholders within the road transport and logistics sector. This rating system should now be implemented as a standard by a newly created EU expert group. The quality of the entire system and of the individual secure truck parking areas shall be guaranteed by ensuring that independent third party audits will occur for all secure truck parking areas within the system. In the future this quality system could also link to ITS solutions for the road transport sector. The implementing the study results in both existing truck parking areas and in new truck parking areas and thereby increasing the number of available secure parking areas throughout Europe, there is a strong probability that cargo crime and incident rates will be reduced significantly and that the security and well-being of truck drivers will be improved, thereby benefitting road safety as well. Recommendations for possible measures to improve the legislation of Ukraine are provided in terms of establishing the SSTPA in view of the EU-Ukraine Association Agreement provisions.

Keywords: road safety, freight road transport, Safe and secure truck parking areas (SSTPA), EU Mobility package, driving and rest time rules of driver, Ukraine – EU Association Agreement.

Вступ

Через характер своєї професії водії вантажних автомобілів повинні витрачати значну частину свого часу в кабіні на дорогах, логістичних складах, інтермодальних терміналах, зонах паркування, місцях відпочинку або закладах харчування. Тому надзвичайно важливо, щоб ці місця мали необхідний рівень комфорту і безпеки для водіїв. Що стосується місць зупинки вантажних автомобілів у Європі, останніми роками власниками і операторами досягнуто значних успіхів у поліпшенні і класифікації різних рівнів якості та комфорту, що пропонуються водіям вантажних автомобілів, яким під час своїх поїздок необхідно зупинитися для відпочинку, необхідного для подальшої безпеки руху. Деякі автостоянки вантажних автомобілів у країни Європи пропонують широкий спектр послуг, зокрема станції мийки автомобілів, автозаправні станції, Wi-Fi, магазини, офісне обладнання, а деякі навіть пропонують інтелектуальні транспортні послуги для полегшення бронювання та оплати місць паркування. Проте таких місць паркування, як і раніше, недостатньо, про що свідчить дослідження IRU, проведене серед транспортних операторів і водіїв. Кількість безпечних і надійних місць для стоянки в європейській дорожній мережі недостатня або взагалі відсутня, зокрема, що стосується основних транс'європейських коридорів.

Додатково до комфорту і якості послуг, що пропонуються в місцях паркування автомобілів,

надійність і безпека – це два інших важливих аспекти для водіїв вантажних автомобілів. Високий ризик інцидентів з безпекою викликає дискомфорт у галузі автомобільних вантажних перевезень у Європі, що також призводить до втрат або пошкодження вантажу, невизначеності доставки і, насамперед, серйозних ризиків особистої безпеки для самих водіїв вантажних автомобілів. Збитки, спричинені розкраданням вантажів у ЄС, щорічно перевищують 8 млрд євро. Питання безпеки на дорогах, зазвичай, також охоплюють питання, пов'язані з тероризмом та мігрантами.

Згідно з наявними доказами, більшість випадків крадіжок вантажу відбувається, коли водії вантажних автомобілів зупиняються в районах, де не забезпечені умови безпеки. У 2017 році у Великобританії нападів 89 %, пов'язаних з вантажними автомобілями, мали місце на майданчиках для паркування, де незабезпечені умови безпеки в Німеччині (78 %), Нідерландах (55,7 %) і Франції (45,4 %). Безпечні та надійні місця для стоянки вантажних автомобілів ще у більш обмеженій кількості в країнах Південної та Східної Європи, де проблеми зі злочинністю сприймаються як більш гострі, незважаючи на те, що їх не видно в доступних статистичних даних через можливе недофінансування.

Експерти в галузі безпеки стверджують, що вантаж в стані спокою – це вантаж під загрозою, і як правило, намагаються переконати операторів зупинити свої вантажні автомобілі тільки в безпек-

чних місцях. Було висунуто декілька причин, щоб пояснити, чому багато операторів не користуються зонами паркування з охороною. Ці причини включають небажання оплачувати збори за паркування і недостатню кількість місць паркування, що охороняються. Недавнє опитування серед операторів вантажних автомобілів показує, що 74 % респондентів готові скористатися безпечним паркуванням, та лише 52 % готові заплатити максимум 25 євро за безпечну стоянку [1].

Основна частина

У 2018 році Міжнародний союз автомобільного транспорту (International Road Transport Union, далі – IRU) разом з трьома асоціаціями-членами (UNTRR, Румунія, ITD, Данія, TLN, Нідерланди) і декількома іншими зацікавленими сторонами (Європейська організація безпечного паркування (ESPORG)), Європейська компанія з перевірки транспортних засобів (DEKRA)) почали дослідження, що фінансується Єврокомісією щодо безпечних і надійних зон паркування вантажних автомобілів у Європі. Мета дослідження полягає в тому, щоб визначити план дій для створення правильної структури для влади і приватних розробників, бажаючих створити безпечні та надійні зони для паркування вантажних транспортних засобів (Safe and secure truck parking areas, далі – SSTPA). Це включає точну інформацію про процеси планування, експлуатації та стандартизації, а також передові методи роботи.

Основними висновками цього дослідження є:

- Створення стандартної системи сертифікації та присвоєння категорій;
- Розширене обстеження потреб і вимог користувачів SSTPA;
- Створення комплексних карт про вантажні потоки і гарячі точки;
- Створення методичного керівництва із налаштуванням SSTPA.

Що стосується створення загального стандарту для сертифікації та оцінки парувальних зон вантажних автомобілів, було враховано попередні результати комплексного обстеження сектору, зокрема, обговорення у фокус-групах з водіями вантажівок, транспортними компаніями, страховиками, вантажовідправниками і операторами зон паркування. Виходячи з цього, було запропоновано новий стандарт, що складається з 4 рівнів безпеки, які розташовані один за одним (бронза, срібло, золото і платина, від низького до високого). Щоб досягти цих рівнів безпеки, спочатку необхідно досягти базового рівня обслуговування (рис. 1).

Очікується, що коли цей стандарт почне діяти, він буде створювати прозорість, зміцнювати довіру та полегшувати інвестиції приватного сектора операторами зон паркування вантажних автомобілів і фінансовими інвесторами. Однак, він може підлягати подальшим змінам, заснованим на законодавстві ЄС.

Досягнутий прогрес і очікувані чергові кроки

Безпечні та надійні зони для паркування вантажних автомобілів є головним пріоритетом для галузі вантажних перевезень. SSTPA необхідні для забезпечення соціально справедливих умов для професійних водіїв під час обов'язкового відпочинку. Однак інфраструктури SSTPA бракує у багатьох європейських країнах. Ця відсутність безпечної інфраструктури для водіїв для відпочинку несе шкоду іміджу вантажних підприємств та створює зрозумілі труднощі у залученні нових водіїв до професії.

Своїм фінансуванням дослідження SSTPA Єврокомісія має намір внести свій внесок у покращення ситуації щодо цього в ЄС. Це буде досягнуто за допомогою гармонізації стандартів оцінювання та сертифікації зон паркування вантажних автомобілів, а також шляхом встановлення основи для сумісних рішень ITC, які дадуть змогу водіям знаходити та бронювати безпечні місця для паркування та планувати свої поїздки відповідно.

Роль IRU у дослідженні полягає у збиранні інформації про потреби та вимоги SSTPA зацікавлених сторін, включаючи водіїв, транспортних операторів, операторів паркування, судноплавних компаній і страховиків, а також допомогти у формуванні політичних рекомендацій. Інтерпретація результатів опитувань і рекомендацій відобразиться у створенні загальної системи оцінювання для SSTPA.

Дослідження SSTPA дасть змогу забезпечити інформоване прийняття рішень із боку транспортних компаній та операторів паркування для забезпечення безпеки водіїв, що відпочивають.



Рис. 1. Рівні безпеки SSTPA, які розташовані один за одним (бронза, срібло, золото і платина)

Поточні результати проекту

Проект SSTPA зібрав відповіді від представницької вибірки працівників сектору автомобільного транспорту, операторів, вантажовідправників та страховиків. Нижче наведено декілька вибраних статистичних даних, які були отримані під час опитування IRU щодо зацікавлених сторін у європейському вантажному транспорту.

Значний відсоток усіх зацікавлених сторін погодився з необхідністю терміново необхідних SSTPA.

- 83 % водіїв заявляють, що кількість країн, що здійснюють SSTPA в ЄС, є недостатньою для їх регулярного відпочинку.

- 86 % транспортних операторів вважають, що якщо відпочинок у салоні заборонений, то для водіїв не вистачає зон паркування, щоб проводити свій тижневий відпочинок у готелях [2].

За даними GAP аналізу: 15 країн ЄС терміново потребують додаткових зон для паркування вантажних автомобілів та лише в країнах Бенілюксу, країнах Балтії, Іспанії, Греції та Великобританії пропозиція дорівнює попиту чи більше.

Ініціатива і законодавчі рамки

Європейська комісія (ЄК) має намір зробити свій внесок у поліпшення ситуації з безпечними і надійними зонами стоянки вантажних автомобілів (SSTPA) в Європейському Союзі. Це буде досягнуто шляхом встановлення і узгодження стандартів і цільових показників якості, потужності та кількості майданчиків для паркування, а також шляхом встановлення основи для рішень Інформаційно-комунікаційних технологій (Information and Communication Technologies (ICT)), які дадуть змогу водіям знаходити і замовляти безпечні місця для стоянки автомобілів, планувати свої поїздки відповідно. Єврокомісія також має намір зосередити інвестиції на коридорах TEN-T та прискорити прийняття погоджених стандартів. Одним із ключових вимог щодо інфраструктури в планованих коридорах є забезпечення безпечних і відповідних зон відпочинку (приблизно кожні 100 км.) I наявності чистого палива.

У цьому контексті було видано декілька важливих законодавчих актів Європейського Союзу.

Директива ЄС 2008/96 про управління безпекою дорожньої інфраструктури, в якій чітко вказується, що для існуючої дорожньої мережі потрібна достатня кількість безпечних і надійних зон відпочинку, щоб протидіяти нинішній злочинності в секторі автомобільних вантажних перевезень, а також забезпечити безпеку водіїв. Водночас у Директиві вказується, що необхідно буде врахову-

вати, що нові ділянки дороги, які повинні бути побудовані, мають бути забезпечені належними і безпечними місцями для паркування [3].

Директива ЄС 2010/40 про основи для розгортання інтелектуальних транспортних систем у сфері автомобільного транспорту та про взаємодію з іншими видами транспорту, яка визначає певні специфікації для інтелектуальної зони паркування вантажних автомобілів, такі як інформація і послуги з бронювання для безпечних і надійних місць паркування. У ній вводиться правило "100 км", тобто, рекомендація розвивати зони відпочинку на автомагістралях приблизно кожні 100 км. На основі цієї Директиви було прийнято Регламент ЄС 885/2013, що доповнює Директиву ІТС ЄС 2010/40 щодо надання інформаційних послуг для безпечних і надійних місць паркування вантажівок і комерційних транспортних засобів із метою оптимізації обміну даними та доступної інформації у масштабах всієї країни за допомогою оптимізації цифрової інформації та поліпшення інфраструктури для інтелектуальних транспортних систем. У більш пізній поправці до Директиви підкреслюється важливість ширшого використання рішень ІТС за допомогою розробки спільніх і автоматизованих систем [4].

Крім того, в Регламенті 561/2006 щодо дотримання режимів праці та відпочинку водіїв встановлено правила щодо часу керування та відпочинку водія, зокрема, максимальний щоденний обсяг годин роботи не більше 9 годин (за винятком двох разів на тиждень, коли його можна продовжити до 10 годин). У цьому ж положенні вказується максимальний щотижневий час керування (до 56 годин), загальна кількість накопиченого двотижневого часу керування (до 90 годин), щоденний період відпочинку (11 годин або скорочені 9 годин) і щотижневий відпочинок (45 годин або скорочені 24 години). Перерви повинні тривати не менше 45 хвилин, і використовувати їх для відпочинку потрібно після 4,5 годин керування. Варто враховувати обов'язок компенсації відпочинку. Це правило застосовується як до вантажних, так і до пасажирських автомобільних перевезень [5].

Актуальна ситуація щодо змін до положень часу керування та відпочинку у ЄС та щодо впровадження безпечних та надійних стоянок.

Наразі Регламент ЄС 561/2006 переглянуто.

8 липня 2020 року парламент прийняв Пакет мобільності – I є набором законодавчих актів ЄС, призначений для регулювання комерційних відносин у сфері автомобільного транспорту на рівні ЄС.

Нове законодавство для перевізників і водіїв країн Європейського Союзу визначає правила у діяльності автомобільного транспорту на найближче десятиліття, має важливі наслідки для комерційних операторів автомобільного транспорту, в частині виконання правил про час керування та відпочинку водіїв, контрольний пристрій SMART-тахограф та вимог до безпечних і надійних місць паркування [6].

Один із документів Пакету мобільності – Регламент ЄС 2020/1054 від 15 липня 2020 р. про внесення поправок до Регламенту ЄС № 561/2006 щодо дотримання режимів праці та відпочинку водіїв та Регламенту ЄС 165/2014 щодо тахографів стосовно безпечних стоянок пропонує таке роз'яснення:

"З метою сприяння соціальному прогресу доцільно вказати, де можна використовувати щотижневі години відпочинку, щоб водіям було забезпечено адекватні умови відпочинку. Якість проживання особливо важлива під час регулярних щотижневих періодів відпочинку, які водій повинен проводити поза кабіною транспортного засобу в потрібному приміщенні за рахунок транспортного підприємства як роботодавця. З метою забезпечення належних умов праці та безпеки водіїв доцільно уточнити вимогу про надання водіям якісних і адаптованих до гендерних питань приміщень на період їх регулярного щотижневого відпочинку, якщо їх забирають із дому.

Також необхідно передбачити, щоб транспортні підприємства організовували роботу водіїв таким чином, щоб періоди відсутності вдома не були надмірно тривалими і щоб водії могли отримувати вигоду від тривалих періодів відпочинку, взятих в якості компенсації за скорочені періоди щотижневого відпочинку. Організація повернення повинна дозволити дістатися до операційного центру транспортного підприємства в державі-члені його установи або за місцем проживання водія, і водії можуть вільно вибирати, де провести період відпочинку. Щоб продемонструвати, що транспортне підприємство виконує свої зобов'язання з організації регулярного повернення, воно повинно мати можливість використовувати записи тахографа, чергові списки водіїв або іншу документацію.

Хоча регулярні щотижневі години відпочинку і більш тривалі періоди відпочинку не можна використовувати в транспортному засобі або на парковці, а тільки у відповідних приміщеннях, які можуть бути поруч із парковкою, вкрай важливо дати водіям можливість знайти безпечне і надійне місце паркування, що забезпечить відповідний

рівень безпеки та зручності. Комісія вже вивчилася, як стимулювати розвиток якісних парковок, включаючи необхідні мінімальні вимоги, тому вона розробляє стандарти для безпечних і надійних зон паркування. Ці стандарти повинні сприяти розвитку якісних парковок. Стандарти можуть бути переглянуті для забезпечення кращого доступу до альтернативних видів палива відповідно до політики розвитку цієї інфраструктури.

Безпечні та надійні стоянки повинні підлягати процедурам аудиту для сертифікації відповідно до стандартів ЄС. Ці процедури аудиту також повинні гарантувати, що місця для стоянки автомобілів продовжують відповідати цим стандартам. Таким чином, Єврокомісія планує підготувати процедуру сертифікації для створення безпечних і надійних зон паркування вантажного транспорту в ЄС.

В інтересах безпеки дорожнього руху та правозастосування всі водії повинні бути повністю обізнані щодо правил, які стосуються часу керування та відпочинку, а також щодо небезпеки, пов'язаної з втому. В цьому випадку важлива наявність доступної інформації щодо актуальних місць відпочинку. Єврокомісія повинна надавати інформацію щодо безпечних і надійних стоянок через зручний для користувачів веб-сайт. Цю інформацію варто постійно оновлювати.

Переглянуті керівні принципи TEN-T, встановлені Регламентом ЄС 1315/2013, передбачають створення зон паркування на автомагістралях приблизно через кожні 100 км, щоб надати комерційним учасникам дорожнього руху місце для паркування, що має відповідний рівень захисту та безпеки. Щоб прискорити і просувати будівництво відповідної інфраструктури місць паркування, важливо, щоб Союз мав достатні можливості для співфінансування відповідно до діючих і майбутніми правовими актами Союзу, якими встановлюються умови для такої фінансової підтримки.» [7].

Висновки

Щоб водії могли безпечно і комфортно відпочивати під час поїздок, в ЄС планують створити та обладнати мережу сертифікованих місць паркування. Пройти сертифікацію зможуть місця паркування лише захищенні від проникнення сторонніх, на яких можна буде купити їжу і напої, де буде хороше освітлення та санвузи з урахуванням статі водіїв.

Єврокомісія публікуватиме список таких парковок на офіційному сайті й він буде постійно оновлюватися.

Очевидним є те, що в Україні ситуація з недостатньою кількістю безпечних і надійних стоянок для вантажних автомобілів та відповідно проблемами в частині дотримання положень часу праці й відпочинку водія веде до високих ризиків у частині дотримання безпеки дорожнього руху.

Угода про Асоціацію України та ЄС (Угоди), як законодавчий акт, який передбачає імплементацію європейських норм, визначає деякі положення стосовно розвитку автотранспортного сектору. Зокрема Главою 7 Транспорт передбачається співробітництво сторін Угоди, у таких сферах:

«розвиток мультиподального транспортної мережі, пов'язаної з Транс'європейською транспортною мережею (TEN-T), та удосконалення інфраструктурної політики з метою кращого визначення й оцінки інфраструктурних проектів щодо різних видів транспорту. Розвиток стратегії фінансування, спрямованих на утримання, усунення перешкод у пропускній здатності та розвиток неповної інфраструктури, а також активізацію та сприяння участі приватного сектору в транспортних проектах відповідно до статті 369 до Угоди;

науково-технічне співробітництво та обмін інформацією для розвитку й удосконалення технологій у галузі транспорту, наприклад, інтелектуальних транспортних систем;

сприяння використанню інтелектуальних транспортних систем та інформаційних технологій під час управління і використання всіх видів транспорту, а також підтримці інтермодальності та співробітництва у використанні космічних систем, впровадженні комерційних рішень, що поглигають транспортні перевезення.»

Також Додаток 33 до Глави 7 «Транспорт» Розділу V «Економічне і галузеве співробітництво» визначає:

«Сторони визнають важливість поліпшення транспортних сполучень, щоб зробити їх безпешкодними, безпечнішими та надійнішими. Це принесе взаємну вигоду ЄС та Україні. Сторони співпрацюватимуть з метою подальшого розвитку транспортних сполучень, зокрема через:

подальший розвиток координаційного механізму й інформаційної системи України, з метою забезпечення ефективності та прозорості планування інфраструктури, включаючи системи управління дорожнім рухом, справляння плати і фінансування,

обмін передовим досвідом із питань фінансування проектів (інфраструктурні та горизонтальні заходи), зокрема державно-приватного

партнерства, відповідного законодавства і справляння плати за користування,

Сторони беруть до відома індикативні мапи, які надаються Україною. Сторони будуть співпрацювати з метою створення української стратегічної транспортної мережі, пов'язаної з TEN-T [Транс'європейська мережа транспорту] мережею, а також мережами регіону.» [8].

Проте Додаток 33 до Глави Транспорт серед інших директив та регламентів не містить зобов'язання стосовно виконання Директиви 2008/96 про управління безпекою дорожньої інфраструктури, яка б могла наблизити реалізацію заходів зі створення ефективної інфраструктури та достатньою кількості безпечних і надійних зон відпочинку.

6 жовтня 2020 р. в Брюсселі відбувся 22-ий Саміт Україна – Європейський Союз, де обговорювались питання, зокрема щодо оновлення тексту Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, а також її додатків.

Україна та Євросоюз домовилися оновити Угоду про Асоціацію та зону вільної торгівлі, а саме: оновлення додатків до Угоди в контексті доступу на ринки ЄС, оновлення умов торгівлі.

З метою підвищення безпеки на дорогах та з огляду на плани законодавчих змін в Угоді про Асоціацію, які направлені на внесення змін до деяких нормативно-правових актів України щодо створення безпечних умов для учасників дорожнього руху, відповідності європейським соціальним нормам, вважаємо за доцільне розглянути необхідність включення до оновленої Угоди:

Директиви ЄС 2008/96 з метою створення безпечних і надійних зон стоянки вантажних автомобілів (SSTPA) в Україні,

Директиви ЄС 2010/40, яка вводить правило «100 км», тобто, рекомендацію розвивати зони відпочинку на автомагістралях приблизно кожні 100 км.

До цієї роботи мають бути залучені усі зацікавлені органи влади, зокрема, Мінінфраструктури, МВС, Мінфін тощо.

References

1. International Road Union. [2018]. EN. IRU Commission on Social Affairs CAS/BR6053/OKA Brussels, 2018. Safe and secure truck parking areas in Europe. Retrieved from <https://www.ihu.org/>
2. EC [2019]. EN. European Commission's Study on Safe and Secure Parking Places for Trucks. Written by: Rob de Leeuw van Weenen, Sean Newton, Menno Menist (Panteia), etc. Brussels, 2019. Retrieved from <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-study-on-safe-and-secure-parking-places-for-trucks.pdf>
3. EC. [2008]. EN. Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/96/oj>

4. EC. [2010]. EN. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/oj>

5. EC. [2006]. EN. Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the harmonization of certain social legislation relating to road transport and amending Council Regulations (EEC) No 3821/85 and (EC) No 2135/98 and repealing Council Regulation (EEC) No 3820/85. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/561/oj>

6. EU. [2020]. EN. European Commission. Mobility Package I on road transport – Declaration by the Commission 2020.

Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020C0731%2801%29>

7. EU. [2020]. EN. Regulation (EU) 2020/1054 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 amending Regulation (EC) No 561/2006 as regards minimum requirements on maximum daily and weekly driving times, minimum breaks and daily and weekly rest periods and Regulation (EU) No 165/2014 as regards positioning by means of tachographs.

Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1054/oj>

8. Association Agreement between the European Union and its Member States, of the one part, and Ukraine, of the other part. Retrieved from [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:22014A0529\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:22014A0529(01)&from=EN)

УДК 629.3.017:629.356

© В. П. Сахно, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів,
e-mail: svp_40@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-5144-7131
(Національний транспортний університет);
© Д. М. Попелиш, аспірант, заступ. зав. відділу,
e-mail: popelish@ukr.net,
ORCID: 0000-0001-9506-6421,
© С. М. Томчук, молодший науковий співробітник,
e-mail: stomchuk34@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-5963-556X
(відділ науково-технічних експертіз
ДП "ДержавтрансНДПроект")

DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-33-39

© Volodymyr Sakhno, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.),
Professor, Head of Automobiles Department,
e-mail: svp_40@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-5144-7131
(National Transport University);
© Denis Popelysh, Postgraduate Student, Deputy Head of
Scientific and Technical Expertise Department,
e-mail: popelish@ukr.net,
ORCID: 0000-0001-9506-6421,
© Sergyi Tomchuk, Postgraduate Student, Research Assistant
of Scientific and Technical Expertise Department,
e-mail: stomchuk34@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-5963-556X
(SE "State Road Transport Research Institute")

АВТОМАТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ РЕЖИМУ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОПОЇЗДА З ЧАСТКОВО НАПОВНЕНОЮ ЦИСТЕРНОЮ

AUTOMATIC DETERMINATION OF THE PARTIALLY FILLED TANK VEHICLE COMBINATION BRAKING MODE

Анотація. Розглянуто можливість ідентифікації системами автоматичного керування режиму гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною. Алгоритми роботи сучасних систем стабілізації транспортних засобів ґрунтуються на реакції на наближення до критичних точок втрати стійкості, тоді як сили, з якими діє рідини в частково заповнений цистерні на транспортний засіб, часом мають стрімкий характер зросту за умови зміни швидкості або напрямку руху, що свою чергою призводить до зниження ефективності роботи таких систем. Автоматична ідентифікація режиму гальмування з частково наповненою цистерною може дати можливість прогнозувати негативні наслідки від перетікання рідини і проводити превентивні маніпуляції для стабілізації транспортного засобу до фактичного наближення до критичних точок втрати стійкості.

Для вирішення завдання було проведено порівняльний аналіз змін величини нормальної реакції опорної поверхні на осі автопоїзда під час гальмування з частково наповненим напівпричепом-цистерною і еквівалентним жорстко закріпленим вантажем. Такий аналіз показав, що в разі перевезення жорсткого вантажу, навантаження на осіх автопоїзда змінюється лінійно і пропорційно уповільненню. У разі частково заповненої цистерни, навантаження на осі змінюється нелінійно, завдяки тригонометричному характеру руху рідини відносно резервуара. Ця особливість дає змогу відрізняти дані режими.

У результаті було запропоновано використовувати ідентифікатор, який має можливість виявляти режим гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною шляхом визначення характеру змін нормальних реакцій опорної поверхні на осі. Для обчислення ідентифікатора використовуються значення навантажень на осіх і прискорення транспортного засобу за часом, до цього немає необхідності у даних про особливості конструкції автопоїзда.

Ключові слова: автопоїзд, автоцистерна, частково заповнена цистерна, стійкість, гальмування.

Аннотация. Рассмотрено возможность идентификации системами автоматического управления режима торможения автопоезда с частично заполненной цистерной. Алгоритмы работы современных систем стабилизации транспортных средств основаны на реакции на приближение к критическим точкам потери устойчивости, в то время, как силы, с которыми действует жидкость в частично заполненной цистерне на транспортное средство, порой имеют стремительный характер нарастания при изменении скорости или направления движения, что, в свою очередь, приводит к снижению эффективности работы таких систем. Автоматическая идентификация режима торможения с частично заполненной цистерной может дать возможность прогнозировать негативные последствия от перетекания жидкости и проводить превентивные манипуляции для стабилизации транспортного средства до фактического приближения к критическим точкам потери устойчивости.

Для решения задачи был проведен сравнительный анализ изменений величины нормальной реакции опорной поверхности на оси автопоезда при торможении с частично заполненным полуприцепом-цистерной и эквивалентным жестко закрепленным грузом. Такой анализ показал, что в случае перевозки жесткого груза, нагрузка на осях автопоезда изменяется линейно и пропорционально замедлению. В случае частично заполненной цистерны, нагрузка на оси изменяется нелинейно, благодаря тригонометрическому характеру движения жидкости относительно резервуара. Эта особенность позволяет отличить данные режимы.

В результате было предложено использовать идентификатор, который может выявлять режим торможения автопоезда с частично заполненной цистерной путем определения характера изменений нагрузок на осях. Для вычисления идентификатора используются значения нагрузок на осях и ускорения транспортного средства с течением времени, при этом не требуются данные об особенностях конструкции автопоезда.

Ключевые слова: автопоезд, автоцистерна, частично заполненная цистерна, устойчивость, торможение.

Abstract. The article considers the possibility of identification by automatic control systems of the braking mode of a vehicle combination with a partially filled tank. The algorithms of operation of modern vehicle stabilization systems are based on a reaction to approaching critical points of loss of stability, while the forces with which a fluid acts in a partially filled tank on a vehicle sometimes have a rapid rise when the speed or direction changes, which leads to a decrease in the efficiency of such systems. Automatic identification of the braking mode with a partially filled tank can make it possible to predict the negative consequences of fluid flow and carry out preventive manipulations to stabilize the vehicle until it actually approaches critical points of loss of stability.

To solve the problem, a comparative analysis of changes in the magnitude of the normal reaction of the supporting surface on the axis of the vehicle combination during braking with a partially filled tank semi-trailer and an equivalent rigidly fixed load was carried out. Such an analysis showed that in the case of transportation of rigid cargo, the load on the axles of the vehicle combination varies linearly and in proportion to deceleration. In the case of a partially filled tank, the axle load varies non-linearly due to the trigonometric nature of the fluid movement relative to the tank. This feature allows you to distinguish between these modes.

As a result, it was proposed to use an identifier that can detect the braking mode of a vehicle combination with a partially filled tank by determining the nature of the changes in axle loads. To calculate the identifier, the axle loads and vehicle acceleration over time are used, and data on the design features of the vehicle combination are not required.

Keywords: vehicle combination, tank vehicle, partially filled tank, stability, braking.

Вступ

Під час гальмування, прискорення або зміни напрямку руху частково заповненої цистерни, сумарні величини гідродинамічних сил і моментів разом з істотними динамічними навантаженнями призводять до зниження гальмівних властивостей та погіршення стійкості транспортного засобу. Особливо небезпечним є гідравлічний удар, в результаті дії якого динамічні показники стрімко змінюються [1].

Сучасні системи стабілізації, алгоритми яких основані на реакції під час наближення до критичних точок стійкості, втрачають свою ефективність у зв'язку з тим, що характер динамічних сил, що виникають за гальмування, прискорення або зміни траєкторії частково заповненої цистерни відрізняється від характеру тих сил, що покладені в основу алгоритмів. При цьому такі системи мають можливість отримувати дані щодо вертикального завантаження кожного колеса, інформацію щодо початку та інтенсивності гальмування, а також для своєї роботи використовують облік часу [2].

Виявлення режиму гальмування з частково заповненою цистерною може бути використаний

системами динамічної стабілізації для проведення превентивних маніпуляцій до моменту гідрравлічного удару. Оскільки при зміні швидкості руху частково заповненої автоцистерни рідкий вантаж переміщується відносно транспортного засобу, можна зробити припущення, що такі переміщення достатньо впливають на перерозподіл навантажень для визначення такого режиму [3].

Основна частина

Для виявлення режиму гальмування з частково заповненою цистерною визначимо кількісні відмінності нормальних реакцій осей автопоїзда з рідким та еквівалентним жорстким вантажем.

Для визначення нормальних реакцій осей умовно роз'єднаємо автопоїзд на дві окремі ланки, введемо сили їх взаємодії в опорно-зчіпному пристрої у вертикальній площині Z (рис. 1), а також окремо врахуємо центр мас умовно рідкого вантажу. Складемо рівняння рівноваги сил та моментів для кожної ланки [4-5].

Для тягача:

$$\begin{cases} \sum F_{(Z)} = Z_1 + Z_2 - G - Z = 0 \\ \sum M_A = Z_2 L - Ga - Z(a+c) + F_{hg} h_g = 0 \\ \sum M_{B1} = F_{hg} h_g - Z_1 L + Gb + z(b-c) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для напівпричепа:

$$\begin{cases} \sum F_{(Z)} = Z_B - G_1 - G_2 = 0 \\ \sum M_{B22} = G_1 b_1 + G_2 b_2 - ZL_2 + F_{i2} h_{g1} + F_{i2} h_{g2} = 0 \\ \sum M_{O1} = F_{i2} h_{g2} + F_{i1} h_{g1} - G_1 a_1 - G_2 a_2 + Z_B L_2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

У системах рівнянь (1) та (2) прийняті такі позначення:

Z_1, Z_2 – нормальні реакції опорної поверхні на передній і задній осіах автомобіля-тягача, відповідно;

Z_e – нормальні реакції опорної поверхні на возік напівпричепа;

Z – вертикальне навантаження в опорно-зчіпному пристройі;

G, G_1, G_2 – сила тяжіння, відповідно автомобіля-тягача, напівпричепа та вантажу;

F_i, F_{i2}, F_{i1} – сила інерції під час гальмування у прямолінійному русі автомобіля-тягача, напівпричепа та вантажу, відповідно;

hg, hg_1, hg_2 – висота розташування центрів мас над опорною поверхниою, відповідно, автомобіля-тягача, напівпричепа та вантажу.

Під час гальмування автопоїзда-цистерни за прямолінійного руху з рідким вантажем центри мас тягача та напівпричепа мають одинаковий характер руху, зокрема уповільнюються з однаковим прискоренням, в той час, як уповільнення центра мас рідкого вантажу не збігається з прискоренням напівпричепа і тягача, тому сили інерції визначимо окремими виразами:

$$\begin{aligned} F_i &= \frac{G}{g} J \\ F_{i1} &= \frac{G}{g} J_1 \\ F_{i2} &= \frac{G}{g} J_2 \end{aligned} \quad (3)$$

де:

J – прискорення центрів мас тягача та напівпричепа;

J_1 – прискорення центра мас вантажу;

g – прискорення вільного падіння.

Із виразів (1-3) отримаємо залежності нормальних реакцій опорної поверхні від уповільнення автопоїзда J на його осіах:

$$\begin{aligned} Z_1(J) &= \frac{Gb + Z(b-c) + \frac{G}{g} J h_g}{L}, \\ Z_2(J) &= \frac{Ga + Z(a+c) - \frac{G}{g} J h_g}{L}; \\ Z_B(J) &= \frac{G_1 a_1 + G_2 a_2 - \frac{G_1}{g} J h_{g1} - \frac{G_2}{g} J_2 h_{g2}}{L_2} \end{aligned} \quad (4)$$

Вертикальне навантаження в опорно-зчіпному пристройі:

$$Z(J) = \frac{G_1 b_1 + G_2 b_2 + \frac{G_1}{g} J h_{g1} + \frac{G_2}{g} J_2 h_{g2}}{L_2} \quad (5)$$

Використовуючи (5) доопрацюємо залежності $Z(J)_1$ та $Z(J)_2$:

$$\begin{aligned} Z_1(J) &= \frac{G(gb + Jh_g)}{gL} + \frac{(b-c)(G_1 b_1 + G_2 b_2 + \frac{G_1}{g} J h_{g1} + \frac{G_2}{g} J_2 h_{g2})}{L L_2} \\ Z_2(J) &= \frac{G(ga - Jh_g)}{gL} + \frac{(a+c)(G_1 b_1 + G_2 b_2 + \frac{G_1}{g} J h_{g1} + \frac{G_2}{g} J_2 h_{g2})}{L L_2} \end{aligned} \quad (6)$$

Із аналізу виразів (5-6) витікає, що у випадку перевезення жорсткого вантажу, тобто $J=J_2$, залежності $Z(J)_1, Z(J)_2, Z(J)_B$ та $Z(J)$ є лінійними.

Побудуємо ці залежності за умови $J=J_2$, використовуючи технічні характеристики автопоїзда у складі двовісного автомобіля-тягача DAF XF 95 та тривісного напівпричепа з лонжеронною рамою, обладнаного цистерною прямокутного поперину об'ємом 28000 л. Вантаж візьмемо жорстким, еквівалентним 14000 л води, тобто таким,

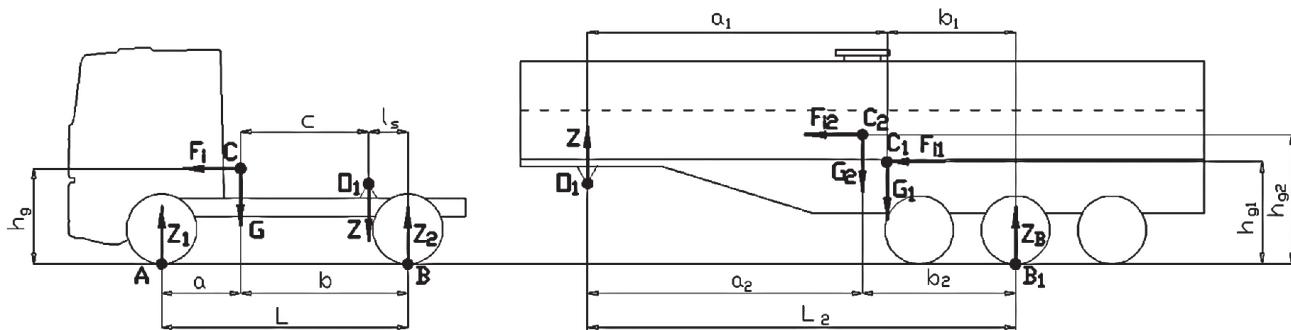


Рис. 1. До визначення нормальніх реакцій опорної поверхні на осі ланок автопоїзда у гальмівному режимі руху

що займає 50 % об'єму цистерни, та має масу 14000 кг.

Для кількісної оцінки перерозподілу навантажень осей введемо значення Δ , яке показує відношення модуля зміни значення реакції опорної поверхні за відповідного уповільнення до статичного значення реакції опорної поверхні у відсотках:

$$\Delta_{(i,J)} = \frac{|Z_{(i,J)} - Z_{(i,J=0)}|}{Z_{(i,J=0)}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

де:

$\Delta_{(i,J)}$ – відносність зміни навантаження i -тої осі під час уповільненні автопоїзда J ;

$Z_{(i,J)}$ – значення навантаження i -тої осі при уповільненні автопоїзда J ;

$Z_{(i,J=0)}$ – значення статичного навантаження i -тої осі.

Результати зведемо в **табл. 1**.

За результатами таблиці побудуємо діаграму впливу інтенсивності гальмування автопоїзда на реакції опорної поверхні на осі (**рис. 2**) та діаграму відносного впливу (**рис. 3**)

Із аналізу **табл. 1** та діаграми на **рис. 2** випливає висновок, що зі збільшенням інтенсивності гальмування осі тягача довантажуються, осі ходового візка напівпричепа – розвантажуються.

Водночас діаграма на **рис. 3** показує, що під час гальмування автопоїзда найбільшим відносним змінам піддається значення Z_1 , тому для автоматичної ідентифікації режиму гальмування з частково заповненою цистерною доцільно відслідковувати зміну навантажень на передню вісь тягача.

Відмінностями рідкого вантажу від жорсткого з погляду динамічних навантажень є те, що на момент початку гальмування велика частина рідини в цистерні продовжує рух відносно опорної поверхні з іншим, ніж автопоїзд, прискоренням, одночасно переміщуючись відносно цистерни, тобто перетікаючи до передньої стінки, в результаті чого центр мас рідини зміщується вперед і вгору.

Для опису переміщення рідини в рухомій цистерні використаємо метод механічного еквівалентного моделювання [6]. Ключова ідея цього ме-

Таблиця 1

Залежність нормальних реакцій опорної поверхні на осі автопоїзда з жорстким вантажем від уповільнення

$J, \text{м/с}^2$	$Z_1(J), \text{Н}$	$\Delta_1, \%$	$Z_2(J), \text{Н}$	$\Delta_2, \%$	$Z_B(J), \text{Н}$	$\Delta_B, \%$	$\Sigma Z, \text{Н}$
0	58207	0	79528	0	147102	0	284837
1	61052	5	82668	4	141117	4	284837
2	63897	10	85808	8	135132	8	284837
3	66742	15	88948	12	129147	12	284837
4	69586	20	92089	16	123162	16	284837
5	72431	24	95229	20	117177	20	284837
6	75276	29	98369	24	111192	24	284837

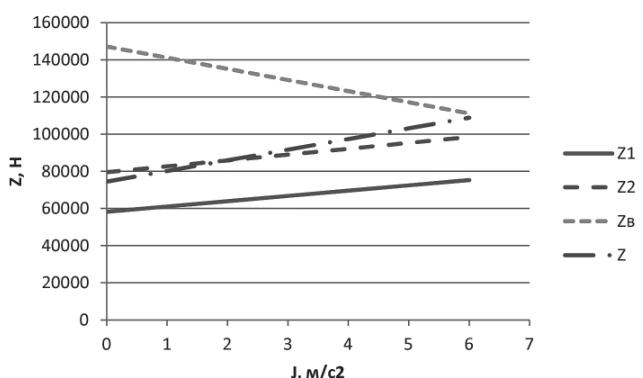


Рис. 2. Вплив інтенсивності гальмування автопоїзда на реакції опорної поверхні на осі

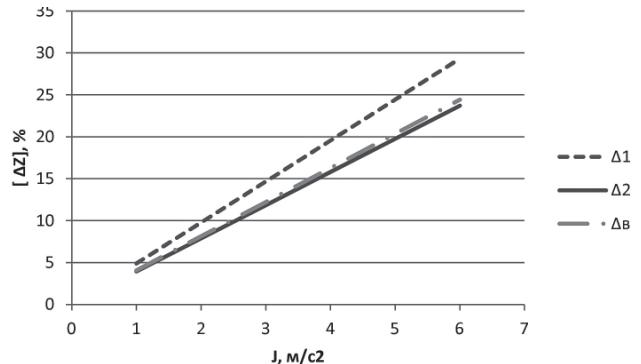


Рис. 3. Відносний вплив інтенсивності гальмування автопоїзда на реакції опорної поверхні на осі

тоду полягає в тому, що рідина всередині цистерни може розглядатися як еквівалентне тверде тіло, де сила взаємодії рідини з ємністю прямопропорційна відносному переміщенню тіла $F = kx$, де x – переміщення відносно резервуара, k – коефіцієнт пропорційності, що відповідає коефіцієнту пружності за умови застосування дискретно-масової моделі. До цього вважається, що деяка частина маси, що перебуває в нижній частині ємності, не бере участі в переміщенні, а висота центра ваги вантажу не змінюється (рис. 4). Розрахунки поздовжньої динаміки автоцистерн за цим методом показали, що описана модель добре працює доти, доки вільна поверхня рідини не досягає стелі ємності [7], але для завдання автоматичного виявлення режиму гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною достатньо дослідити саме тільки початковий етап гальмування.

Виходячи з цього, розкладемо силу інерції F_{i2} та силу тяжіння G_2 вантажу на дві складові:

$$\begin{aligned} F_{i2} &= F_{i21} + F_{i22} \\ G_2 &= G_{21} + G_{22} \end{aligned} \quad (8)$$

де:

F_{i21} , G_{21} – відповідно сила інерції та сила тяжіння частини рідкого вантажу, що умовно не бере участі в переміщенні;

F_{i22} , G_{22} – відповідно сила інерції та сила тяжіння частини рідкого вантажу, що умовно бере участь у переміщенні.

Сила інерції частини вантажу, що не бере участі в переміщенні відносно цистерни упові-

льнується з тим же прискоренням, що й автопоїзд, тому:

$$F_{i21} = \frac{G_{21}}{g} J \quad (9)$$

Під час гальмування сила інерції F_{i22} рухомої частини вантажу на момент початку має нульове значення з подальшим зростанням. Для її визначення складемо баланс системи активних сил:

$$m(J - \ddot{x}) - kx = 0 \quad (10)$$

де m – маса рухомої частини вантажу, $m = \frac{G_{22}}{g}$; крапки над змінною в цьому місці та далі означають диференціювання за часом.

У виразі (10) не враховано сили демпфування коливання рідини, так як на початковому етапі гальмування вплив данного чинника є незначним.

Коефіцієнт жорсткості k та масу рухомої рідини m визначимо використовуючи вирази, які сформулював Ф. Т. Додж для моделі прямокутного резервуара:

$$m = \frac{G_2}{g} 8 \frac{l}{h} \left[\frac{th(\frac{\pi h}{l})}{2\pi^3} \right] \quad (11)$$

$$k = \frac{G_2}{g} 8 \frac{g}{h} \left[\frac{th^2(\frac{\pi h}{l})}{\pi^2} \right] \quad (12)$$

де:

l – половина довжини цистерни;

h – висота рівня рідини.

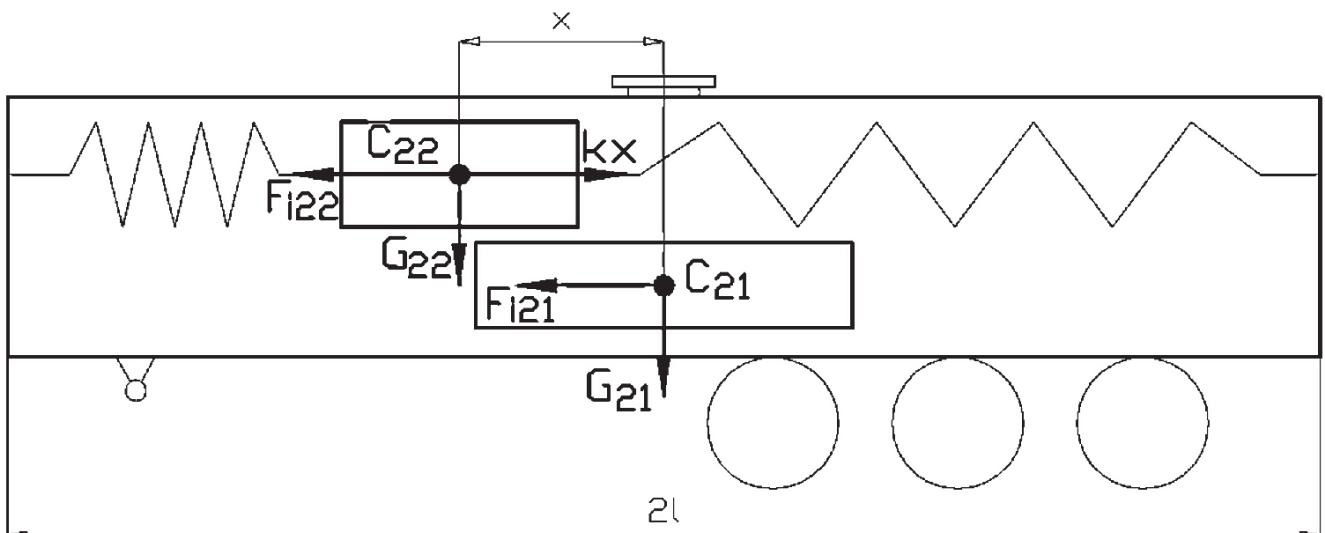


Рис. 4. Механічна еквівалентна модель руху рідкого вантажу відносно цистерни.

Вираз (10) є диференційним рівнянням другого порядку, загальне рішення якого буде мати вигляд:

$$x(t) = C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) + C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) + A \quad (13)$$

Система стабілізації значення J отримує з відповідних датчиків, тому приймемо, що це значення відоме, не дорівнює нулю та є константою. Також варто зазначити, що при $t=0$ рухома частина вантажу ще не починає рух відносно цистерни, тому переміщення $x(0)=0$, швидкість $\dot{x}(0)=0$, а прискорення $\ddot{x}(0)=J$.

Враховуючи наведене вище та виконавши певні дії отримаємо, що $A=J\frac{m}{k}$, $C_1=-J\frac{m}{k}$, $C_2=0$, тоді рішенням рівняння (10) буде:

$$x(t) = J\frac{m}{k} \left(1 - \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right)\right) \quad (14)$$

Друга похідна буде відповідати прискоренню рухомої частини вантажу відносно цистерни:

$$\ddot{x}(t) = J \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right) \quad (15)$$

Далі, використовуючи рівняння (8-10, 14-15) доопрацюємо (6) та отримаємо функції $Z_i(t, J)$

$$Z_1(t, J) = \frac{G(gb+Jhg)}{gL} + \frac{(b-c)(G_1b_1+G_{21}b_2+G_{22}\left(b_2+J\frac{m}{k}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))\right)+\frac{G_1}{g}J h_{g1}+\frac{G_{21}}{g}J h_{21}+Jmh_{22}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))h_{22})}{L L_2} \quad (16)$$

$$Z_2(t, J) = \frac{G(ga-Jhg)}{gL} + \frac{(a+c)(G_1b_1+G_{21}b_2+G_{22}\left(b_2+J\frac{m}{k}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))\right)+\frac{G_1}{g}J h_{g1}+\frac{G_{21}}{g}J h_{21}+Jmh_{22}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))h_{22})}{L L_2}$$

$$Z_B(t, J) = \frac{G_1a_1+G_{21}a_2+G_{22}\left(a_2-J\frac{m}{k}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))\right)-\frac{G_1}{g}J h_{g1}-\frac{G_{21}}{g}J h_{21}-Jmh_{22}(1-\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}} t\right))h_{22}}{L_2}$$

Визначимо кількісно, наскільки змінюється з часом значення навантаження Z_1 за умови постійного уповільнення $J=1 \text{ м/с}^2$, результати наведено на діаграмі (рис. 5).

Вирази (4-6) показують, що у випадку перевезення жорсткого вантажу зміни навантажень Z лінійно залежать від прискорення J та не змають залежності від часу t , а у випадку перевезення рідкого вантажу (20) до лінійної залежності Z від J додається тригонометрична залежність від часу t . Враховуючи це, загальні вигляди залежностей $Z(t, J)$ для випадків перевезення рідкого та жорсткого вантажів можна представити так:

$$Z_{ik}(t, J) = A_{ik} J + B_{ik} \quad (17)$$

$$Z_{ip}(t, J) = A_{ip} J + B_{ip} J \cos(\alpha t) + C_{ip} \quad (18)$$

де:

$Z_{ik}(t, J)$, $Z_{ip}(t, J)$ – нормальні реакції опорної поверхні на i -ту вісь у випадках перевезення жорсткого та рідкого вантажу відповідно;

A_{ik} , A_{ip} , B_{ik} , B_{ip} , C_{ip} , α – деякі константи.

Здійснимо диференціювання (17) та (18):

$$\dot{Z}_{ik}(t, J) = A_{ik} \quad (19)$$

$$\dot{Z}_{ip}(t, J) = A_p + B_p (\cos(\alpha t) - \alpha J \sin(\alpha t)) \quad (20)$$

Отже, можна стверджувати, що якщо в певні моменти часу t_n , t_{n+1} , t_{n+2} відбувається гальмування з уповільненням J_n , J_{n+1} , J_{n+2} та фіксуються значення Z_n , Z_{n+1} , Z_{n+2} , то у випадку перевезення жорсткого вантажу буде справедливим вираз:

$$\frac{Z_n - Z_{n+1}}{J_n - J_{n+1}} - \frac{Z_{n+1} - Z_{n+2}}{J_{n+1} - J_{n+2}} = 0 \quad (21)$$

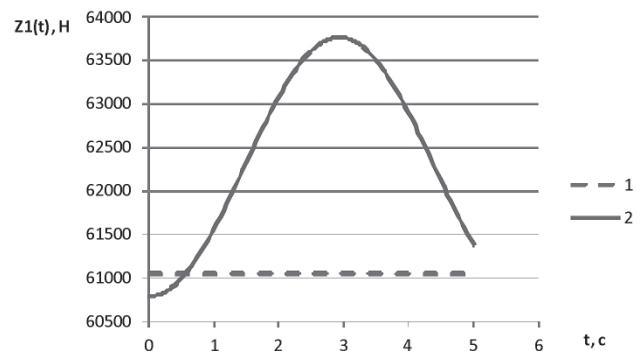


Рис. 5. Нормальна реакція опорної поверхні $Z_1(t)$ по часу постійного уповільнення $J=1 \text{ м/с}^2$. Лінія 1 – відповідає гальмуванню з жорстким вантажем, лінія 2 – гальмуванню з частково заповненою цистерною

І навпаки, для перевезення рідкого вантажу в частково наповненій цистерні, буде справедливим вираз:

$$\frac{Z_n - Z_{n+1}}{J_n - J_{n+1}} - \frac{Z_{n+1} - Z_{n+2}}{J_{n+1} - J_{n+2}} \neq 0 \quad (22)$$

Тоді для ідентифікації режиму руху гальмування введемо ідентифікатор R , суть якого у визначені лінійності або нелінійності залежності $Z(t, J)$:

$$R = \frac{Z_n - Z_{n+1}}{J_n - J_{n+1}} - \frac{Z_{n+1} - Z_{n+2}}{J_{n+1} - J_{n+2}} \quad (23)$$

Таким чином, $R=0$ – буде означати режим гальмування з жорстким вантажем, $R \neq 0$ – буде означати режим гальмування з частково наповненою цистерною.

У випадку $J=const$ ідентифікатор спрощується до виразу:

$$R = Z_n - Z_{n+1} \quad (24)$$

Висновки

Під час гальмування нормальні реакції опорної поверхні на колеса транспортного засобу змінюють своє значення. У випадку автопоїзда з напівпричепом колеса тягача довантажуються, а колеса напівпричепа – розвантажуються. Зміни реакцій на колеса автопоїзда, що перевозить жорсткий вантаж, є пропорційними до уповільнення. Якщо автопоїзд гальмує з частково наповненою цистерною – реакції на колеса змінюються нелінійно завдяки нелінійному руху вантажу відносно цистерни. Враховуючи те, що сучасні автоматичні системи управління відслідковують навантаження на осі транспортного засобу в режимі реального часу, виявлення режиму гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною є цілком можливим шляхом визначення характеру змін цих навантажень. Ідентифікатор R може виявляти такий характер та показувати розбіжність реального гальмування транспортного засобу з режимом гальмування з еквівалентним жорстким вантажем. Сильною стороною використання такого ідентифікатора є його універсальність, оскільки для обчислення немає необхідності вводити конструктивні параметри транспортного засобу. Також величина R певним чином може бути пов'язана зі ступенем наповненості цистерни та прогнозуванням сили гідроудару. Слабкою стороною є те, що нерівності дороги можуть суттєво впливати на величину Z , і для компенсації такого впливу, напевно, необхідно визначати похибку.

Подальші дослідження в даному напрямі, зокрема проведення дорожніх випробувань, можна вважати перспективними з погляду розвитку автоматичних систем управління транспортних засобів.

Література

1. Pape, D. B., Harback, K., McMillan, N., Greenberg, A., Mayfield, H. & Chitwood, J. C., Cargo tank roll stability study, U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration, Contract No. GS23-F-0011L, 2007.
2. EBS Electronically controlled Brake system in motor coaches System and functional description [Електронний ресурс]/Режим доступу: http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/000/408/815_408.pdf
3. До стійкості автоцистерни в гальмівному режимі / Д.М. Попелиш, Ю.М. Селюк, С.М. Томчук// Автошляховик України. – 2019. – №1 (257) С.27-32.
doi:10.33868/0365-8392-2019-1-257-27-32
4. Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда / Я. Х. Закин. – М. : Транспорт, 1967. – 252 с.
5. Конструкции и расчет автомобильных поездов / [Я. Х. Закин, М. М. Щукин, С. Я. Марголис, П. П. Ширяев, А. С. Андреев]; под. ред. Я. Х. Закина. – Л. : Машиностроение, 1968. – 332 с.
6. Dodge, F. T., Analytical Representations of Lateral Sloshing by Equivalent Mechanical Models, The Dynamic Behavior of Liquids in Moving Containers, edited by Abramson, H. N., NASA-SP-106, pp. 199-224, 1966
7. Шимановский, А. О. Модифицированная дискретно-массовая модель цистерны с жидкостью / А. О., Шимановский // Механика, научные исследования и учебно-методические разработки. – 2011. – Вып. 5. – С. 163-165
8. Еругин, Н.П. Книга для чтения по общему курсу дифференциальных уравнений / Н.П. Еругин. – Москва: Огни, 1979. – 634 с.

References

1. Pape, D. B., Harback, K., McMillan, N., Greenberg, A., Mayfield, H. & Chitwood, J. C. (2007). Cargo tank roll stability study, U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration, Contract No. GS23-F-0011L.
2. EBS Electronically controlled Brake system in motor coaches System and functional description Retirieved from http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/000/408/815_408.pdf
3. Popelysh, D. M., Selyuk, Yu. M., Tomchuk, S. M. (2019). Do stiykosti avtotsisterny v hal'mivnomu rezhymi [To the stability of tank vehicles in the brake mode]. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny, 1, 27-32 [in Ukrainian]. Doi:10.33868/0365-8392-2019-1-257-27-32.
4. Zakyn, Ya. Kh. (1967). Prykladnaya teoryya dvizheniya avtopoezda [Applied theory of motion of vehicle combination]. Moscow: Transport [in Russian]
5. Zakyn, Ya. X., Shchukyn, M. M., Marholys, S. Ya., Shyryaev, P. P., & Andreev A. S. (1968). Konstruktsyy u raschet avtomobilynykh poezdov [Design and calculation of vehicle combination]. Leningrad: Mashynostroenye [in Russian]
6. Dodge, F. T. (1966). Analytical Representations of Lateral Sloshing by Equivalent Mechanical Models, The Dynamic Behavior of Liquids in Moving Containers, edited by Abramson, H. N., NASA-SP-106, 199-224.
7. Shimanovsky, A. O. (2011). Modificirovannaja diskretnomassovaja model' cisterny s zhidkost'ju [Modified discrete-mass model of a tank with a liquid]. Mechanics, research and teaching materials, 5, 163-165 [in Russian]
8. Eruhin, N. P. (1979). Kniga dlya chteniya po obshchemu kursu dyfferentsial'nykh uravneniy [A book for reading the general course of differential equations]. Moscow: Ogni [in Russian]

АВТОМОБІЛЬНІ ПОРОГИ

УДК 665.775

© В. О. Золотарьов, докт. техн. наук, профессор кафедри,
e-mail: kafedradsm@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-2132-9289;
© Я. І. Пиріг, канд. техн. наук, с. н. с. кафедри,
e-mail: pirig2000@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0957-2251;
© А. В. Галкін, канд. техн. наук, с. н. с. кафедри,
e-mail: a.galkin0906@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-1904-5618,
(кафедра технологій дорожньо-будівельних матеріалів і хімії,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет)

DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-40-46

© Viktor Zolotaryov, Doctor of Science, Professor,
e-mail: kafedradsm@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-2132-9289;
© Yan Pyrig, Ph.D, Senior Researcher,
e-mail: pirig2000@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0957-2251;
© Andrey Galkin, Ph.D, Senior Researcher,
e-mail: a.galkin0906@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-1904-5618
(the Department of Technology of Road-Construction Materials
Kharkov National Automobile and Highway University)

ДРУГИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ НА БІТУМИ НАФТОВІ ДОРОЖНІ В'ЯЗКІ: ЗМІСТ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

THE SECOND STANDARD ON VISCOUS PETROLEUM ROAD BITUMENS: ITS CONTENT AND PERSPECTIVE

Анотація. Розкрито зміст ДСТУ 4044 "Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні вимоги", який введено в дію з травня 2020 р. Стандарт містить основні та додаткові показники. Особливістю стандарту є його певна орієнтація на стандарт EN 12591 за одночасного збереження значень основних принципових показників відповідно до кліматичних умов України. В стандарті прийнята європейська градація марок бітуму за пенетрацією, до якої адаптовані значення показників температури розм'якшеності та крихкості бітумів. Значення температури розм'якшеності дещо більше (4-5 °C), а температура крихкості на (2-3 °C) нижча ніж у бітумів рівної пенетрації за EN 12591.

На відміну від EN 12591 в стандарті збережено показники розтяжності (при 25 °C), як такий, що характеризує однорідність та певною мірою стійкість проти старіння, а також дас змогу прогнозувати стабільність бітумів у процесі приготування асфальтобетонних сумішей. За ДСТУ EN 12607-2 нормуються допустимі зміни маси, пенетрації та температури розм'якшеності. Ці зміни відповідають рівню, прийнятому в європейському стандарті. Стійкість бітумів різних марок до відшарувуючої дії води оцінюється показником зчеплюваності зі склом.

До додаткових показників віднесено: розтяжність за 0 °C як певної характеристики стійкості бітуму проти тріциноутворення та старіння; когезію, що свідчить про міцність бітуму у тонкому шарі, а також температура, за якою пенетрація дорівнює 800x0,1 мм, та відповідний до неї індекс пенетрації. У випадку розходжень між значеннями індексів пенетрації за температурою розм'якшеності та температурою, що дорівнює пенетрації 800x0,1, остання приймається як більш вірогідна.

Ключові слова: бітум, глибина проникності голки, температури розм'якшеності та крихкості, зчеплюваність розтяжність, когезія, прогрівання.

Аннотация. Раскрыто содержание ДСТУ 4044 "Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования", который введен в действие с мая 2020. Стандарт содержит основные и дополнительные показатели. Особенностью стандарта является его ориентирование на стандарт EN 12591 при одновременном сохранении значений основных принципиальных показателей в соответствии с климатическими условиями Украины. В стандарте принята европейская градация марок битума по пенетрации, к которой адаптированы значения показателей температуры размягчения и хрупкости битумов. Значение температуры размягчения несколько более (4-5 °C), а температура хрупкости на (2-3 °C) ниже, чем битумов равной пенетрации по EN 12591.

В отличие от EN 12591 в стандарте сохранено показатель растяжимости (при 25 °C) как характеризующий однородность, и, в определенной степени, устойчивость к старению, а также позволяющий прогнозировать стабильность битумов в процессе приготовления асфальтобетонных смесей. По ДСТУ EN 12607-2 нормируются допустимые изменения массы, пенетрации и температуры размягчения

гчения. Эти изменения отвечают уровню, принятому в Европейском стандартте. Устойчивость битумов различных марок к отслаивающему действию воды оценивается показателем сцепления со стеклом.

К дополнительным показателям отнесены: растяжимость при 0 °C, как определенной характеристики устойчивости битума к трещинообразованию; когезию, которая свидетельствует о прочности битума в тонком слое, а также температура, при которой пенетрация равна 800x0,1 мм, и отвечающей ей индекс пенетрации. В случае расхождений между значениями индексов пенетрации по температуре размягчения и температуре, отвечающей пенетрации 800x0,1, последняя принимается как более достоверная.

Ключевые слова: битум, глубина проникания иглы, температуры размягчения и хрупкости, сцепление, растяжимость, когезия, прогревание.

Abstract. The first Ukrainian standard ДСТУ 4044 "Viscous petroleum road bitumens. Technical conditions" was implemented in 2002. According to its content and list of indicators, it met the level of the oil refining industry of Ukraine and the state of the road industry. In addition to conventional indicators, it included additional indicators of adhesion and mass content of paraffins. The indicator for paraffin remained unregulated, because there was neither acceptable method nor necessary equipment, and in generally an intention of manufacturers and users to apply it. The standard referred to in the article differs from the previous one by the principle of assigning indicators and their list. This is largely due to Ukraine's accession to the European Free Trade Association and the deepening of scientific knowledge on predicting the behavior of bitumen under different conditions and their impact on the properties of asphalt concrete. Accordingly, the limits of normalization of bitumen grades on the depth of needle penetration were changed, which led to an increase in amount of grades from 4 to 5. Using the dependence of the penetration index on the softening point temperature, its new normative values are ordered. The Fraas breaking temperature provided by the standard is slightly lower than that normalized EN 12591 which is due the climatic conditions of Ukraine. The rate of adhesion of bitumen to the surface is normalized, which quantitatively characterizes the adhesion of bitumen to the mineral substrate, the least favorable for interaction. It is proposed to determine the indicators of technological aging by the RTFOT method.

The standard contains additional indicators to be determined according to the harmonized European standards ДСТУ EN 12607-1 and ДСТУ EN 13302 (methods for determining the dynamic viscosity). Additional standards include equal viscous heating temperatures of bitumen in the production of asphalt mixtures and their compaction. The first is the temperature, which corresponds to a bitumen viscosity of 0.5 Pa s, the second is 10 Pa s. Elongation at a temperature of 0 °C is included in the standard as a certain analogue of the breaking temperature.

Based on the fact that at this time the next European standard is in the final stage before approval, the values of additional indicators can be included into this standard after adjusting their values with European ones based on the characteristics of bitumen used in Ukraine.

Keywords: bitumen, depth of needle penetration, softening point temperature, adhesion, ductility, cohesion, heating.

Вступ

Ідея створення першого українського державного стандарту на бітуми нафтovі дорожні в'язкі виникла у 1995 р. у зв'язку зі специфікою виробництва та використання бітумів в Україні. Діючий ГОСТ 22245-90 був, фактично, копією попереднього стандарту ГОСТ 22245-76 та не відповідав умовам, які склалися на той час. Він містив тільки традиційні показники, не відзеркалював змін у технологіях виробництва бітумів, нових підходів до критеріїв оцінки експлуатаційних і технологічних властивостей дорожніх бітумів у країнах колишнього Радянського Союзу та абсолютно не зважав на особливості системи оцінки якості бітумів, викладені у стандарту EN 12591:99.

Намір створення кафедрою ТДБМ ХНАДУ стандарту України був доброзичливо сприйнятий Головою Укравтодору В. О. Герасимчуком та підтриманий УкрНДІ НП "МАСМА" в особі директора Г. І. Чередніченко, головою ТК 38 "Станда-

ртизація продуктів нафтопереробки і нафтохімії" Ю. Л. Іщуком, кращим в країні фахівцем у галузі бітумних технологій А. М. Боданом. Робота виконувалась впродовж п'яти років – стандарт ДСТУ 4044-2001 було затверджено на Погоджуvalній комісії, в засіданні якої брали участь представники чотирьох НПЗ, УкрНДІ НП "МАСМА", "Укравтодора" та ініціатор розробник – ХНАДУ.

На час прийняття рішення про розробку нової редакції стандарту умови виробництва та використання дорожніх бітумів у країні докорінно змінились: залишився практично один виробник бітуму – Кременчуцький НПЗ. Обсяг виробництва українського бітуму не перевищував 83,1 тис. т. Левову частину бітуму, що використовувався в країні, складав імпорт не кращої якості. У тому ж 2016 році в країнах ЄС, не зважаючи на зниження обсягів нового будівництва через практичне завершення у більшості країн ЄС оптимальної мережі доріг, виробництво та використання біту-

мів складало: Франція – 2,4 млн. т, ФРН – 1,6 млн. т, Іспанія – 0,75 млн. т, Туреччина – 2,73 млн. т, Чехія – 0,41 млн. т, Велика Британія – 1,33 млн. т, США – близько 19 млн. т.

Розробка нового стандарту ускладнювалась тим, що в Україні близько 75 % бітуму було імпортованим з країн колишнього Союзу та нових країн ЄС. Орієнтуючись на це, технічним комітетом ТК 38 "Стандартизація продуктів нафтопереробки і нафтохімії" було схвалено, а ДП "УкрНДНЦ" затверджене Європейський стандарт EN 12591:2009.

Введення в дію ДСТУ EN 12591:2017, у зв'язку з входженням України до Асоціації з ЄС, істотно ускладнило принципи вибору марок бітумів для конкретних регіонів і видів робіт (нове будівництво, ремонт, регенерація, тощо), що використовувались до цього в Україні. Якщо вибір марки бітуму за пенетрацією може бути здійснено без особливих труднощів, то вибір бітуму за температурою розм'якшеності та крихкості став проблематичним, тому що за рівної пенетрації значення цих показників у стандарті України на 3-4 °C більш жорсткі, ніж показники стандарту EN 12591. Природно, що це може привести до погіршення колієстійкості та тріщинності асфальтобетонних шарів дорожніх одягів. Водночас не можна нехтувати тим, що дистиляційні європейські бітуми більш стійкі проти старіння.

Приймаючи це до уваги, розробники прагнули до обґрутованих компромісів, які можуть і мати бути реалізовані українськими виробниками дорожніх бітумів, а також сприйнятті споживачами. Ці компроміси включали: приведення марок бітумів за пенетрацією до європейських норм; оптимізацію значень використаних показників по відношенню до нових марок. Крім того, в стандарт включені показники, використання яких дасть змогу більш об'єктивно прогнозувати експлуатаційну поведінку асфальтобетонів у різних регіонах країни.

Показники якості бітумів розподілені на основні та додаткові. Низка додаткових показників не нормується. Це пов'язано з відсутністю в дорожніх лабораторіях необхідного обладнання. Йдеться про визначення: в'язкості за 60 °C та 135 °C; властивостей бітумів після прогріву в обертельній печі за методом RTFOT; технологічних еквів'язких температур приготування та ущільнення асфальтобетонних сумішей. Принаймні ці показники мали б визначатись на НПЗ (їх лабораторії мають бути оснащені таким обладнанням) та включатись в паспорт на кожну партію бітумів.

Основна частина

Ведучим механічним показником в країнах Європи та України є *пенетрація*. Вона характеризує опір бітуму проникненню в нього конічної голки. Цей опір зумовлений когезійною міцністю бітуму в зоні формування зсуvinих шарів, залучених до зсуву завдяки пристінному ефекту. Значення пенетрації тим більше, чим нижче консистенція (ступінь загущення) бітуму (**рис. 1**). Цей показник є суто емпіричним і не має метрологічно-механічного сенсу. Існує багато емпіричних рівнянь, що пов'язують пенетрацію із в'язкістю. Та вони не обґрутовані реологічно, бо не пов'язують в'язкість, отриману таким чином, зі швидкістю деформування та напруженням зсуву. Більш обґрутованим є встановлення взаємозв'язку між пенетрацією та опором зсуву. Встановлення опору зсуву бітуму за відомою пенетрацією сприятиме більш об'єктивно, ніж зараз, прогнозувати зсувостійкість асфальтобетону. Цей напрям досліджується розробником, результати досліджень мають бути втілені в наступній редакції ДСТУ [1].

Другим за важливістю механічним показником вважається *температура розм'якшеності*, що визначається за методом кільця та кулі (Ткк). Саме за цим показником бітуму зазвичай вважають можливим прогнозувати колієстійкість та зсувостійкість асфальтобетону на його основі. Однак, розрахунок зсувостійкості асфальтобетону за цим показником не є можливим, бо температура та міцність під час зсуву метрологічно не пов'язані, тобто це суперечить правилу розмірності, за яким перевіряється обґрутованість фізичних залежностей. Останнім часом більш прийнятною для характеристики розм'якшеності бітуму вважається температура, за якої пенетрація бітуму становить 800 x 0,1 мм [2].

Метод визначення T_{800} в Україні стандартизовано ХНАДУ у 2019 р. [3]. Більш того, вимоги до значень T_{800} є такими ж як і до Ткк. Ця еквівалентність віправдовується тільки для дистиляційних бітумів типу "золь" і частково "золь-гель". Відповідність T_{800} та Ткк порушується у випадку бітумів "золь-гель" із великим індексом пенетрації (IP), а ще більше у випадку бітумів "гель". Використання для таких бітумів Ткк супроводжується викривленням об'єктивності прогнозу [4].

Принциповою особливістю бітумів є те, що їх механічні властивості (опір зсуву, когезія, в'язкість, комплексні модулі) залежать від температури та швидкості деформування: одне і те ж значення механічного показника, наприклад, опору

зсуву чи модуля зсуву, можна отримати за різних поєднань температури і швидкості чи частоти деформування [5]. Сутність цієї еквівалентності полягає в тому, що чим вище температура, тим більшою має бути швидкість деформування. Отже, об'єктивне порівняння механічних показників різних бітумів може бути досягнене за однакових температур та швидкостей деформування. Саме це фундаментальне правило порушується під час оцінки опору зсуву бітуму за значенням пенетрації. Наприклад, пенетрація $200 \times 0,1$ мм відповідає швидкості деформування $0,35 \text{ c}^{-1}$, а пенетрація $50 \times 0,1$ мм – $0,084 \text{ c}^{-1}$ [6].

Приймаючи в якості аксіоми, що пенетрація є опосередкованою характеристикою опору зсуву, необхідно мати на увазі, що значення кожного опору зсуву, яке залежить від значення пенетрації, порівнюються за різних швидкостей зсуву, тобто, насправді, вони не є порівняльними. В американській системі оцінки якості бітумів SHRP Superpave [7] в якості показника зсуву, за яким прогнозується колієстійкість асфальтобетонів, прийнято відношення $G^*/\sin \phi$, де G^* – комплексний модуль зсуву, а ϕ – кут зсуву фаз між напруженням та деформацією при синусоїdalному деформуванні за круговою частотою 10 рад/с. $G^*/\sin \phi$ є зворотною комплексною підатливості, тобто зсувою характеристикою, що показано в [8].

Отже, перехід від пенетрації до опору зсуву за фіксованої швидкості деформування може бути актуальним для майбутньої третьої редакції ДСТУ 4044-20XX. У версії, яка аналізується, цей недолік компенсується введенням додаткового показника – когезії за температури 25°C та швидкості зсуву 1 c^{-1} . Аргументом на користь та-

кого підходу (і такої аналогії) є близькість напружень зсуву, встановлених за деформуванням бітуму у ротаційному віскозиметрі та когезією, визначену під час одноплощинного зсуву за тієї ж швидкості деформування (1 c^{-1}) [9].

Важливим показником ДСТУ є *індекс пенетрації (IP)*, що визначається за формулою або по номограмі [10]. Цей показник дає змогу визначатись щодо двох особливостей поведінки бітуму. Перша – це температурна чутливість, друга – схильність бітумів до аномальної течії, що характеризується показником індексу течії (IT). За показником IP можна визначатись щодо належності бітуму до одного зі структурних типів [11]. Бітуми з великим значенням IP ($> 1,5$) типу гель є менш температурно чутливими та проявляють значну аномалію течії, ніж бітуми типу золь ($< 0,8$). Для забезпечення об'єктивності такої оцінки в ДСТУ пропонується визначати IP не тільки за Π_{25} та Т_{кк}, але й за Π_{25} та T₈₀₀ [12]. У випадку значних розходжень між визначенням таким чином IP, доцільно вважати більш об'єктивним IP, визначений за Π_{25} та T₈₀₀.

Користуючись IP, можна оцінити здатність асфальтобетону протистояти колієутворенню. Так із двох асфальтобетонів на бітумах рівної пенетрації при 25°C (наприклад $80 \times 0,1$ мм) більша зсувостійкість має бути притаманна асфальтобетону на бітумі з більшим IP, бо, якщо вважати пенетрацію пов'язаною з опором зсуву, такий бітум матиме значно меншу, в декілька разів, пенетрацію та відповідно більший опір зсуву. Це випливає з даних Ван дер Поля [11].

ДСТУ 4044:2019 в якості основного механічного показника включає також розтяжність за 25°C (рис. 2).

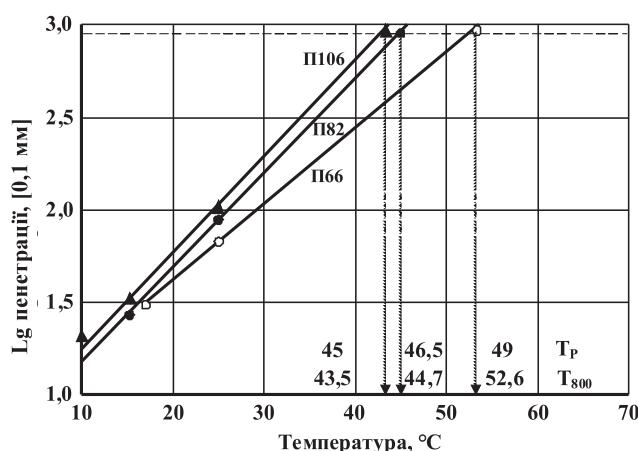


Рис. 1. Температурна залежність пенетрації бітумів різних марок

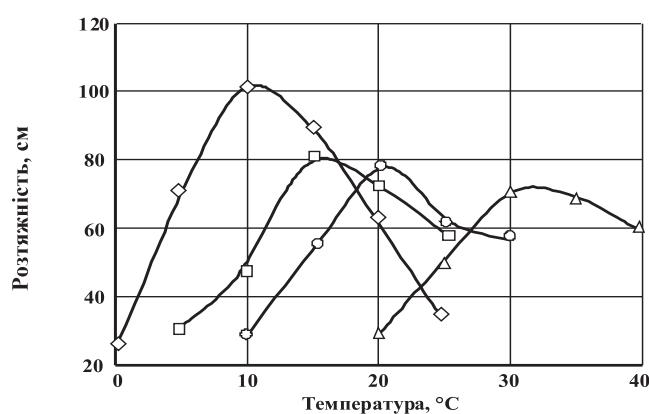


Рис. 2. Температурна залежність розтяжності бітумів різних марок: $\Delta - \Pi_{25} = 51 \times 0,1 \text{ мм}$, $O - \Pi_{25} = 114 \times 0,1 \text{ мм}$, $\square - \Pi_{25} = 167 \times 0,1 \text{ мм}$, $\diamond - \Pi_{25} = 224 \times 0,1 \text{ мм}$

Цей показник вже більше 30 років, виключений зі стандартів ЄС, що пов'язано з виготовленням європейських бітумів на НПЗ, які працюють за бітумною технологією дистиляції важких смолистих нафт. Природно, що це забезпечує їх велику розтяжність – більше 100 см за 25 °C. У нашій країні та країнах колишнього Радянського Союзу бітуми виготовляють окисленням залишків перегонки легких (малосмолистих) нафт на паливні та мастильні матеріали. Це безальтернативно призводить до зниження розтяжності бітумів. Отже, низька розтяжність є безпосереднім свідченням належності бітумів до типу "золь-гель" або "гель" з усіма пов'язаними з цим наслідками: колоїдною нестабільністю, аномальною течією, підвищеною схильністю до старіння. Більш точно визначення типу бітуму може бути здійснено шляхом розрахунку коефіцієнту стандартних властивостей [13] за формулою:

$$K_{\text{стд}} = \frac{(T_p - T_{kp}) \cdot L}{25 \cdot D},$$

де:

T_p та T_{kp} – відповідно температура розм'якшеності та крихкості, °C;

L – довжина (3 см) шийки стандартної формі-вісімки; 25 – градуси Цельсію;

D – розтяжність, см.

Цей показник знаходитьться у прямопропорційній залежності від коефіцієнту групового складу за Gastel'ем [14]:

$$K_{\text{ГР}} = \frac{A + ВП}{C + ВА}$$

де в %:

A – асфальтени,

C – смоли,

ВА – ароматичні вуглеводні,

ВП – парафінові вуглеводні.

Принадлежність бітуму до певного типу за значенням $K_{\text{стд}}$ така: $K_{\text{стд}} > 0,13$ – тип "гель", $K_{\text{стд}} = 0,08 - 0,13$ – перехідний тип "золь-гель", $K_{\text{стд}} < 0,08$ – тип "золь".

Зокрема існує кореляційна залежність між індексом пенетрації (IP) та коефіцієнтом аномалії в'язкості (IT). Чим менше значення IP та $K_{\text{стд}}$ і більше IT, тим близче бітум до типу "золь-гель" і далі від бітумів типу "гель", або за термінологією А.С. Колбановської від II-го структурного типу до III та I-го.

Отже, використання включених до ДСТУ показників механічних властивостей дає змогу сформувати об'єктивне уявлення про склад та реологічну поведінку бітуму. Одночасно із цим за температури розм'якшеності (T_{800} , T_{kk}) та за температури крихкості (T_{kp}) можна оцінити температурний стан бітуму від його течії (плину) до склування (крихкості). Бітуми рівної пенетрації з IP, що наближується до мінус 2,0 мають, менші значення температури розм'якшеності, більш високу температуру крихкості, порівняно з бітумами з IP, що наближується до + 1,0.

У ДСТУ передбачено показник, що безпосередньо пов'язаний з руйнуванням асфальтобетону під дією води або різних водних розчинів (рис. 3) [15]. Це зчеплення з еталонною поверхнею скла, що є найменш прийнятною для забезпечення зчеплення. Саме цим пояснюються низькі значення зчеплення, що оцінюються у відсотках за поверхнею, вкритою бітумом після витримування у воді за температури 75 °C впродовж 25 хв. Реєстрація цієї поверхні здійснюється автоматично з спеціальною програмою. Цим методом визначається адгезійна здатність саме бітуму, що надає можливість його постачальником або виробникам передбачити водостійкість асфальтобетонів. Нормовані значення зчеплення зменшуються зі зниженням

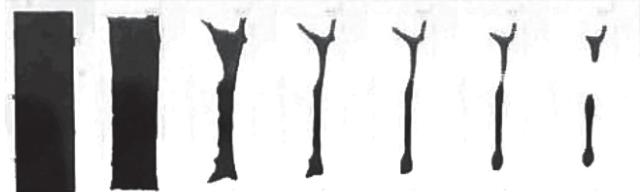


Рис. 3. Зовнішній вигляд устаткування для визначення зчеплюваності бітумних в'язучих із поверхнею скла та динаміка зміни площи покритої бітумом у процесі випробування

консистенції бітуму (збільшенням їх пенетрації). Це зумовлено вмістом ароматичних і, що гірше, парафінових мастил.

Водночас в забезпеченні адгезії (зчеплюваності) бітуму важливу роль грає поверхня мінеральної підложки (кам'яних матеріалів). Зчеплення бітуму з поверхнею мінералів, що містять кремній, набагато менше, ніж з поверхнею карбонатних гірських порід (вапняки, доломіти) та порід із темнокольоровими мінералами. Цей аспект є важливим у державному масштабі. Узагальнення досвіду стійкості асфальтобетонів проти викривування та лущення та цілеспрямовані дослідження кам'яних матеріалів із різних родовищ, дозволило би визначитись з тими з них, які є прийнятними, а які – ні для асфальтобетонів, принаймні верхніх шарів, та дало б змогу створити каталог рекомендованих родовищ країни. Використання кам'яних матеріалів (щебінь, відсів, пісок), що не забезпечують мінімально допустимого рівня зчеплюваності з еталонним бітумом має бути, принаймні, не рекомендовано. Методи, що дають змогу виконати об'єктивні дослідження в цьому напрямі, на разі, випробуються розробником стандарту і можуть бути доведені до високого рівня вірогідності результатів протягом короткого часу.

Дорожній одяг, відповідно до "Концепції вічних доріг", що її сповідують на Заході та США [16], може залишатись працездатним 30-50 років. Дорожні покриття верхніх шарів набагато менше – від 7 до 10 років. Саме верхні шари піддаються найбільш інтенсивному впливу інсоляції та дії повітря при одночасному контакті з пневмошиною автомобіля. Всі ці фактори сприяють зміні складу бітумних в'яжучих, власне, в асфальтобетоні завдяки випаровуванню легких фракцій та кисневої полімеризації. Такі зміни є наслідком старіння бітуму, що супроводжується зміною його структурно-механічних властивостей. У ДСТУ це враховується ступенем зміни властивостей бітуму в тонкому шарі впродовж 5 годин прогрівання за температури 163 °C. Вимірами за таких умов підлягають: зміна маси, пенетрації, температури розм'якшеності. Зміна цих показників тим більше, чим менше консистенція бітуму. Вона також залежить від структурного типу бітуму кожної марки. Особливо це стосується бітумів із пенетрацією від 35 x 0,1 мм до 100 x 0,1 мм. Ступінь старіння бітумів однієї марки більше у випадку бітуму типу "гель" порівняно з бітумом типу "золь". Ці особливості старіння бітумів різного типу не підкреслені в ДСТУ, поза як в країні не здійснюються вивчення цих про-

цесів спеціальними фізико-хімічними методами. Істотним недоліком ДСТУ можна вважати те, що метод випробування на старіння в тонкому шарі (ДСТУ EN 12607-2:2019) вичерпав себе, оскільки він не відтворює процесів старіння ні в процесі приготування суміші, ні в процесі експлуатації дорожніх шарів.

У процесі приготування суміші бітум піддається багаторазовому перетіканню по поверхні кам'яних матеріалів тонкими шарами у повітряному середовищі за високої температури. На Заході ця проблема частково вирішена за рахунок випробування із забезпеченням контакту повітря з поверхнею шарів бітумів, що постійно змінюються у обертових термостатах-циліндрах, в які під тиском подається повітря (рис. 4) [17]. Цей метод має назву RTFOT (випробування в печі в тонкій плівці, що перекочується). Його викладено в ДСТУ EN 12607-1:2015. Він використовується практично в усьому світі. На жаль, дорожні лабораторії (за декількома винятками) не оснащені цими пристроями, хоча стандарт ДСТУ EN 12607-1 було затверджено ще в 2015 році.

Наразі розробник ДСТУ виконує дослідження щодо ступеня погодженості результатів старіння за двома методами (ДСТУ EN 12607-1 та ДСТУ EN 12607-2). Об'єктивність передбачених показників старіння потерпає від того, що в обох випадках *температурні режими лабораторного старіння* однакові й не диференційовані згідно з марочною консистенцією та температурного режиму перемішування суміші, які в стандарті теж не вказані. Йдеться про те, що в стандарті не нормовані еквів'язкі температури нагріву бітумів різних марок за умови перемішування асфальтобетонних сумішей.

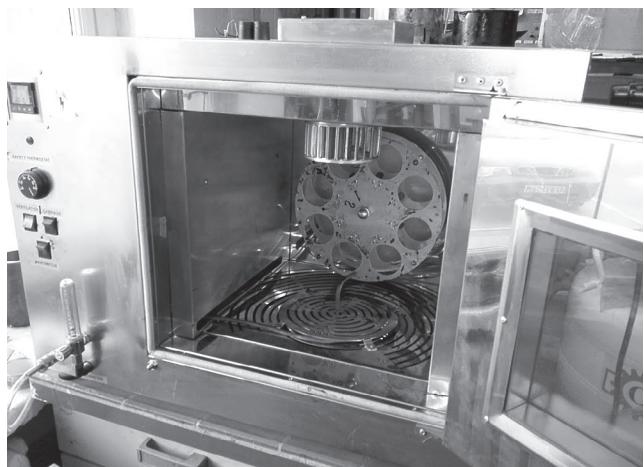


Рис. 4. Прилад для старіння бітумних в'яжучих за методом RTFOT

До недоліків стандарту, що пов'язані з відсутністю в дорожніх лабораторіях відповідного обладнання, варто віднести відсутність в ДСТУ показника, що нормував би *старіння бітуму в асфальтобетонному покритті*. Ця проблема надто складна, вона є актуальною не тільки для нашої країни, а й практично для всіх розвинених країн Європи. У США [7] вважається, що старіння в експлуатаційних умовах моделюється методом PAV (старіння в резервуарі під тиском), коли бітум піддається тиску за температур, диференційованих по PG-зонах. Щодо об'єктивності отримання результатів у такий спосіб, то вона аргументується результатами співставлення експлуатаційного старіння та старіння за цим методом, виконаного під час розробки системи SHRP Superpave.

Висновки

Головною загрозою дієздатності ДТСУ є злидений стан вимірювальної техніки, *неоснащеність нею дорожніх лабораторій*, без цього не може бути реального контролю, а відповідно не може бути необхідної якості. Не в кращому стані і евростандартизація цього напряму у дорожній галузі. Відповідно до угоди в дорожній галузі високими темпами накопичуються гармонізовані стандарти ЄС, використання яких в найближчому майбутньому України не є можливим, бо кожний стандарт має бути забезпечений відповідним обладнанням. Отже, вхідний контроль бітумів, що постачаються із-за кордону, не може бути здійсненим повною мірою. Було б доцільно в кожній області країни (може в певних регіонах) створити незалежні державні сертифікаційні лабораторії, обладнані сучасними приладами та укомплектовані спеціально підготовленими у відповідних закладах виконавцями. Ці лабораторії мають здійснювати контроль якості дорожніх робіт, принаймні тих, що виконуються на замовлення ДА "Укравтодор".

У цих умовах ДСТУ 4044-2019 можна розглядати як *стандарт переходного періоду*. Він раціонально поєднує вимоги європейських стандартів із показниками та нормами, розробленими українськими дослідниками. Цей стандарт є передумовою для розробки майбутнього стандарту, що відповідатиме кращим європейським та враховуватиме умови будівництва доріг та їх експлуатації в погодно-кліматичних умовах нашої країни.

References

1. Zolotaryov, V. A. (2018). Razhadannaya penetratsyya [Unsolved penetration]. *Nauka y tekhnika v dorozhnoy otrasyly*, 4, 38-40.
2. Pfeiffer, J. P., & Van Doormaal, P. M. (1936). The rheological properties of asphaltic bitumen. *J. Inst. Pet. Technol*, 22, 414-424.
3. SE "UkrNDNC". (2019). Bitum ta bitumni v'yazhuchi. Metod viznachennja ekvipenetracijnoї temperaturi ta indeksu penetraciї [Bitumen and bituminous binders. Method of determination of equipenetration temperature and penetration index]. DSTU 8859:2019 from 1st July 2019. Kyiv. [in Ukrainian].
4. Zolotarev, V. A. (2016). Zagadochnaja temperatura razmjagchenija [Mysterious softening temperature]. *Avtomobil'nye drogi*, 10, 75-81.
5. Vynohradov, H. V., Zolotarev, V. A., Verebskaya, E. A., & Bodan, A. M. (1978). Ob osobennostyakh vyazko-upruhoho povedenyanya bytumov raznlykh strukturno-reoloohycheskykh typov v rezhymakh nepreryvnoho deformyrovannya [On the features of the viscoelastic behavior of bitumen of different structural types in the modes of continuous deformation] *Kolloidniy zhurnal*, 4, 629-635.
6. Zolotaryov, V. A. (2012). Hlubyna pronykannya yhly kak kharakterystyka soprotivlenyya bytuma svyhu [Penetration depth of the needle as a characteristic of shear resistance of bitumen]. *Nauka y tekhnika v dorozhnoy otrasyly*, 2, 31-34.
7. Asphalt Institute (Ed.). (2003). *Performance graded asphalt binder specification and testing* (No. 1). Asphalt Institute.
8. Ferry, D. (1963). Vyazkoupruhye svoystva polymerov [Viscoelastic properties of polymers]. Moscow, Yzd-vo ynostr. lit., 535.
9. Zolotarev, V., Pyrig, Y., & Galkin, A. (2020). Cohesion of bitumen: its opportunities and prospects. *Road Materials and Pavement Design*, 21, 5, 1399-1412.
10. Heukelom, W. (1975). Une methode amelioree de caracterisation des bitumes par leurs proprietes mecaniques. *Bull Liaison Lab Ponts Chauss*, 76, 55-64.
11. Van Poel, C. D. (1954). A general system describing the viscoelastic properties of bitumens and its relation to routine test data. *Journal of applied chemistry*, 4, 5, 221-236.
12. Zolotarev, V. A., Zintchenko, V. N., Stolyarova, L. V., & Pyrig, Y. (2004). Quantitative interrelation of softening point and brittleness temperature and penetration of road bitumens. In Proceedings of the 3rd Eurasphalt and Eurobitume Congress held Vienna, May 2004, 2, 1625-1658.
13. Zolotaryov, V. A. (2012). Otsenka strukturnoho typa bytuma. Yzbrannye trudy [Assessment of the structural type of bitumen. Selected Works.]. Tom 1. Sankt-Peterburh, Slavytch, 8-13.
14. Gaestel, C., Smadja, R., & Lamminan, K. A. (1971). Contribution a la connaissance des proprietes des bitumes routiers. *Rev. Gentile. Routes et Aerodromes*, 466, 85-94.
15. Pyrig, Ya. I., & Galkin, A. (2019). Metody otsinky adheziyi ta koheziyi bitumnykh v'yazhuchykh [Methods for assessing the adhesion and cohesion of bituminous binders], Kharkiv, 224.
16. Zolotarev, V. A. (2013). Kontseptsyya vechnykh dorozhnykh odezhd [Eternal road clothes concept]. *Avtomobil'nie dorohy*, 2, 60-63.
17. Minrehion. (2016). Bitum ta bitumni v'yazhuchi. Vyznachennya oporu do tverdinnya pid vplyvom teploty ta povitrya. Chastyna 1. Metod RTFOT [Bitumen and bituminous binders. Determination of the resistance to hardening under influence of heat and air. Part 1: RTFOT method]. DSTU B EN 12607-1:2015 (EN 12607-1:2014, IDT) from 1st July 2017, Kyiv, 32.

НОВИЙ ПІДХІД ДО РЕМОНТУ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНИХ ОДЯГІВ ПЕРЕХІДНОГО ТИПУ

A NEW APPROACH TO REPAIR OF NON-RIGID ROAD PAVEMENT TRANSITIONAL TYPE

Анотація. Раніше, у зв'язку з недостатнім фінансуванням дорожньої галузі на ремонт автомобільних доріг місцевого значення виділялись кошти за залишковим принципом, з часом стан цих доріг суттєво погіршився. Отже, враховуючи розгалуженість мережі автомобільних доріг місцевого значення, питання відновлення їх стану проблема вельми актуальні.

Проведені пошукові дослідження застосування технології стабілізації для відновлення стану доріг місцевого значення показують, що ця технологія є прогресивною, оскільки дає змогу повторно використовувати існуючі матеріали з одночасним забезпеченням потрібної міцності дорожнього одягу. Водночас інженери-проектувальники досить рідко застосовують цю технологію, ймовірно через недостатнє дослідження даного підходу. Ставиться завдання, дослідити можливість застосування технології стабілізації з використанням різнопідвидів за складом щебеневих шарів та максимальним їх повторним використанням, при ремонті дорожніх одягів переходного типу.

Аналіз показує, що є багато випадків коли конструкції переходного типу мають значну неоднорідність і малу міцність. Це виникає за рахунок слабкої щебеневої основи і перевозложення ґрунтів земляного полотна. З часом ґрунтові частинки проникають у щебеневий шар і ослаблюють контакти між щебінками, як наслідок на дорозі утворюється колійність, ямковість і просадки, що унеможливлюють рух автотранспорту.

Аналітичні дослідження складу існуючих основ показують, що якщо у дисперсній системі кількість щебеневих зерен складає понад 50 % за об'ємом, то у масиві сформований контактний каркас. Межзернові пустоти заповнює ґрунт або дрібний заповнювач, обробка якого малою кількістю мінерального в'яжучого (цемент або вапно) дозволяє його суттєво зміцнити, а також утворити зв'язки ґрунту з щебенем.

Сучасні самохідні ґрунтозмішувальні машини (ресайклер-стабілізатор) дають змогу за один прохід виконувати фрезерування (розпушування) і перемішування матеріалів існуючого дорожнього одягу переходного типу на глибину до 40 см. Беручи до уваги залежність розподілу нормальної напруги у двошаровому півпросторі, можна бачити, що стабілізація основи на глибину до 40 см дасть змогу ґрунту земляного полотна працювати без надмірних зсувних деформацій.

Проведене будівництво дослідної ділянки в м. Березівка, Одеської області, дозволило підтвердити припущення про ефективність запропонованого рішення для відновлення міцності дорожнього одягу переходного типу.

Ключові слова: дорожній одяг нежорсткий переходного типу, модуль пружності, стабілізація, щебінь, ґрунт, холодний ресайклінг.

Аннотация. Ранее, в связи с недостаточным финансированием дорожной отрасли на ремонт автомобильных дорог местного значения выделялись средства по остаточному принципу, со временем состояние этих дорог существенно ухудшилось. Итак, учитывая разветвленность сети автомобильных дорог местного значения, вопрос восстановления состояния дорог местного значения проблема весьма актуальная.

Проведенные поисковые исследования применения технологии стабилизации для восстановления состояния дорог местного значения показывают, что данная технология является прогрессивной, поскольку позволяет повторно использовать существующие материалы с одновременным обеспечением необходимой прочности дорожной одежды. Вместе с тем инженеры-проектировщики довольно редко применяют данную технологию, вероятно из-за недостаточного исследования данного подхода. Ставится задача, исследовать возможность применения технологии стабилизации с использованием разнородных по составу щебеночных слоев и максимальным их повторным использованием, при ремонте дорожных одежд переходного типа.

Анализ показывает, что существует много случаев, когда конструкции переходного типа имеют значительную неоднородность и малую прочность. Образуется это за счет слабого щебеночного основания и переувлажнения грунтов земляного полотна. Со временем грунтовые частицы проникают в щебеночный слой и ослабляют контакты между щебенками, как следствие на дороге образуется колейность, ямы и просадки, что существенно усложняет движение автотранспорту.

Исследования состава существующих оснований показывают, что если в дисперсной системе количество щебеночных зерен составляет более 50% по объему, то в материале образуется контактный каркас. Межзерновые пустоты заполняет грунт или мелкий заполнитель, обработка таким малым количеством минерального вяжущего (цемент или известь) позволяет его существенно укрепить, а также создать связи грунта с щебнем.

Современные самоходные грунтосмесительные машины (ресайклер-стабилизатор) позволяют за один проход выполнять фрезерование (рыхление) и перемешивание материалов существующей дорожной одежды переходного типа на глубину до 40 см. Принимая во вни-

мание зависимость распределения нормального напряжения в двухслойном полупространстве, можно видеть, что стабилизация основания на глубину до 40 см позволит грунту земляного полотна работать без превышения допустимых сдвиговых деформаций. Проведенное строительство опытного участка в г. Березовка, Одесской области, позволило подтвердить предположение об эффективности предлагаемого решения для восстановления прочности дорожной одежды переходного типа.

Ключевые слова: дорожная одежда нежесткая переходного типа, модуль упругости, стабилизация, щебень, грунт, холодный ресайклинг.

Abstract. Earlier, due to insufficient financing of the road industry, funds were allocated on a leftover basis for the repair of local roads, over time the condition of these roads has deteriorated significantly. So, given the ramified network of local roads, the issue of restoring the condition of local roads is a very urgent problem.

Conducted exploratory studies of the application of stabilization technology to restore the condition of local roads show that this technology is progressive, since it allows reusing existing materials while ensuring the required strength of the pavement. However, design engineers rarely use this technology, probably due to insufficient research on this approach. The task is to investigate the possibility of using stabilization technology with the use of crushed stone layers of different composition and their maximum reuse, when repairing transitional pavements.

Analysis shows that there are many cases where transitional structures have significant heterogeneity and low strength. This is formed due to a weak crushed stone base and waterlogging of the subgrade soils. Over time, soil particles penetrate into the crushed stone layer and weaken the contacts between the crushed stones, as a result of which rut, pits and subsidence form on the road, which significantly complicates the movement of vehicles.

Studies of the composition of existing bases show that if in a dispersed system the amount of crushed stone grains is more than 50% by volume, then a contact frame is formed in the material. Intergranular voids are filled with soil or fine aggregate, processing with such a small amount of a mineral binder (cement or lime) allows it to be significantly strengthened, as well as to create bonds between the soil and crushed stone.

Modern self-propelled soil mixing machines (recycler-stabilizer) allow in one pass to perform milling (loosening) and mixing of materials of existing transitional pavement to a depth of 40 cm. Taking into account the dependence of the distribution of normal stress in a two-layer half-space, it can be seen that stabilization of the foundation to a depth of 40 cm will allow the subgrade soil to work without exceeding the permissible shear deformations.

The construction of the experimental site in Berezivka, Odessa region, confirmed the assumptions about the effectiveness of the proposed solution to restore the strength of transitional pavement.

Keywords: non-rigid pavement of transition type, modulus of elasticity, stabilization, rubble, soil, cold recycling.

Вступ

Пошукові дослідження застосування технології стабілізації для ремонта дорожніх одягів переходного типу [1-3] показують, що дане рішення є ефективним, оскільки дає змогу повторно використовувати існуючі матеріали з одночасним забезпеченням потрібної міцності дорожнього одягу, який ремонтується.

Водночас інженери-проектувальники досить рідко застосовують технологію стабілізації, ймовірно через недостатнє дослідження даного підходу. Постає питання, дослідити можливість застосування технології стабілізації [4] з використанням різnorідних за складом щебеневих шарів та максимальним їх повторним використанням, під час ремонту дорожніх одягів переходного типу.

Основна частина

Польові обстеження дорожніх одягів переходного типу, що виконували шляхом динамічного зондування, вимірювання модулів пружності на поверхні показують, що є багато випадків коли ці конструкції мають значну неоднорідність і малу міцність. Це виникає за рахунок слабкої щебеневої основи і перезволоження ґрунтів земляного полотна. З часом ґрутові частинки проникають у щебеневий шар і ослаблюють контакти між щебінками, як наслідок на дорозі утворюється колійність, ямковість і просадки, що унеможливлюють рух автотранспорту (рис. 1).

Раніше, у зв'язку з недостатнім фінансуванням дорожньої галузі, на ремонт автомобільних доріг місцевого значення виділялось недостатньо коштів, а тому, ремонт зводився до профілювання автогрейдером і влаштування покриття з поверхневої обробки або шару з дрібнозернистого асфальтобетону. При цьому питання забезпечення міцності, як правило не розглядалось. Тому, досить часто, після кількох років експлуатації конструкції переходного типу знову руйнувались, особливо при систематичному проїзді вагового автотранспорту фермерських господарств.

За результатом пошукових досліджень пропонується альтернативний підхід до ремонту дорожнього одягу переходного типу, який базується на



Рис. 1. Руйнування нежорсткого дорожнього одягу переходного типу

застосуванні сучасної технології стабілізації щебеневих і щебенево-грунтових шарів.

Необхідно відмітити, що в питаннями стабілізації займались ще з середини минулого століття. Цікаві дослідження по стабілізації ґрунтів для влаштування доріг місцевого значення провів проф. В. М. Безрук, проф. А. К. Біруля, Л. В. Гончарова, М. Ф. Сасько, І. З. Духовний [5-8].

Аналіз зернового складу цих матеріалів із позиції ймовірно-геометричного підходу [9, 10] показує, що якщо у дисперсній системі кількість щебеневих зерен складає близько 50 % за об'ємом, то за умови ущільнення ("щільному тілі") з них формується контактний каркас. Міжзернові пустоти заповнює ґрунт або інший дрібний заповнювач, обробка якого малою кількістю мінерального в'яжучого (цемент або вапно) дає змогу суттєво його зміцнити, а також утворити зв'язки ґрунту зі щебенем.

Примітка. Під малою кількістю мінерального в'яжучого, тут і далі розуміється кількість від 1 % до 3 % за масою.

Це дає змогу отримувати досить стабільний за механічними та фізичними властивостями матеріал. Ефективними при цьому можуть бути спеціальні домішки, які дають змогу підвищити дію мінерального в'яжучого, особливо це стосується гідрофобних властивостей ґрунту (рис. 2).

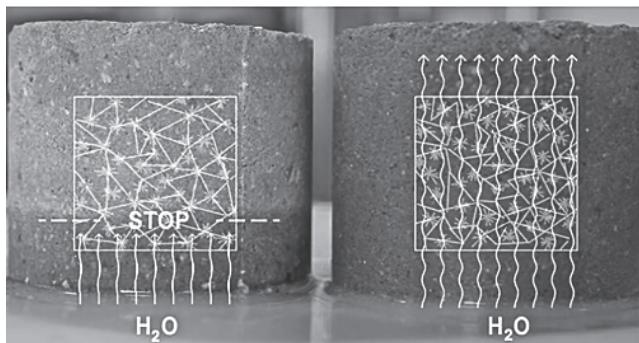


Рис. 2. Зовнішній вид зразків обробленого та необробленого стабілізацією домішкою з гідрофобними властивостями [11]

Також, стабілізація дозволяє ліквідувати неоднорідність у складі матеріалу. Проведений лабораторний аналіз проб, відібраних при виконанні робіт на дорозі показує, що при перемішуванні зерна щебеню та мінерального в'яжучого рівномірно розподіляються по об'єму проби. Результати досліджень доводять, що при обробці щебенево-грунтових сумішей малою кількістю мінеральних в'яжучих, зразки цього матеріалу збільшують міцність на стиск до 2 МПа. Разом із тим, необхідно відмітити, що дані матеріали практично не мають міцності на розтяг.

Сучасна машина ресайклер/стабілізер (рис. 3, 4) дає змогу за один прохід виконувати фрезерування (розпушування) і перемішування матеріалів існуючого дорожнього одягу на глибину до 40 см [12]. Шар такої товщини, згідно із залежністю розподілу нормальної напруги у двошаровому півпросторі, суттєво перерозподіляє напру-



Рис. 3. Ресайклер-стабілізер на самохідному шасі [12]



Рис. 4. Причіпне обладнання для стабілізації [12]

гу (зменшує у кілька разів), що дає змогу ґрунту земляного полотна працювати без надмірних зсувних деформацій.

Беручи до уваги залежність розподілу нормальної напруги у двошаровому півпросторі, можна бачити, що на нижній шар напруга буде зменшена у кілька разів і це дозволить ґрунту земляного полотна працювати без надмірних зсувних деформацій.

Проведене комп'ютерне моделювання показує, що якщо за даними штампових випробувань існуючий дорожній одяг переходного типу мав модуль пружності на поверхні 55 МПа, то після стабілізації на глибину 35 см модуль пружності буде становити:

$$\begin{aligned} E_{\text{грун}} &= 42 \text{ МПа} & h/D &= 35/31,5 = 1,11 \\ E_{\text{мот}} &= 200 \text{ МПа} & E/E &= 0,54 \\ h_{\text{сер.осн}} &= 35 \text{ см.} & E_{\text{гр}} &= 0,54 * 200 = 108 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Примітка. Група розрахункового навантаження прийнята за [13] – автомобіль групи Б.

Встановлений модуль пружності задовільняє вимоги до потрібної міцності для дороги V категорії [14].

Враховуючи, що щебінки у стабілізованій матеріалі, не міцно омонолічені і можуть зсуватись, при дії колеса автотранспорту, тому такий матеріал обов'язково необхідно накривати бітумомістким шаром. З цією метою, залежно від інтенсивності та складу руху автотранспорту, може бути влаштований шар із поверхневої обробки, тонкий шар із літої емульсійномінеральної суміші (Сларрі Сілл, Мульті Мак тощо), або, за відповідного техніко-економічного обґрунтування, шар із дрібнозернистого асфальтобетону.

Для апробації рішення з відновленні міцності дорожнього одягу із застосуванням стабілізації шарів за методом холодного ресайклінгу за участю

стю автора у 2014 році була побудована дослідна ділянка в м. Березівка, Одеської області.

Після завершення розбивочних робіт та розмітки проходів ресайклера на захватці виконувалися наступні технологічні операції:

- розподілення цементу по поверхні дорожнього одягу (вміст цементу становив 2 % від маси матеріалу) (**рис. 5**);

- фрезерування (розпушування) і перемішування з цементом матеріалів існуючого дорожнього одягу на глибину до 40 см (**рис. 6**);

- профілювання автогрейдером поперечного профілю дорожнього одягу на всю ширину (**рис. 7**);

- ущільнення матеріалу котком (**рис. 8**).

Спостереження за наведеною та іншими дослідними ділянками показує їх високі експлуатаційні показники.



Рис. 5. Розподілення цементу по поверхні дорожнього одягу



Рис. 6. Фрезерування (розпушування) і перемішування з цементом матеріалів існуючого дорожнього одягу



Рис. 7. Профілювання автогрейдером поперечного профілю дорожнього одягу на всю ширину



Рис. 8. Ущільнення матеріалу котком

Висновки

За результатом пошукових досліджень із застосуванням комп'ютерного моделювання, розглянута завдання про відновлення міцності дорожнього одягу завдяки стабілізації слабкої основи дорожнього одягу перехідного типу.

Ймовірно-геометричний аналіз показав, що у щебенево-грунтовій суміші щебеневі зерна формують контактний каркас, а міжзернові пустоти заповнює грунт або інший дрібний заповнювач, обробка якого малою кількістю мінерального в'яжучого (цемент або вапно) дає змогу суттєво змінити зв'язки ґрунту зі щебенем. Це дає змогу отримувати досить стабільний за механічними та фізичними властивостями матеріал, який за проведеним розрахунком дозволяє отримувати модуль пружності понад 100 МПа.

Ефективними при цьому можуть бути спеціальні домішки, які дозволяють підвищити дію мінерального в'яжучого, особливо це стосується гідрофобних властивостей ґрунту.

Варто зазначити, що впровадження методів стабілізації дає змогу широко повторно використовувати як матеріали існуючого дорожнього одягу, так і місцеві кам'яні матеріали (металургійний шлак, золо шлак, жорстув, гравій, тощо).

Проведене будівництво дослідної ділянки в м. Березівка, Одеська область дало змогу підтвердити версію про ефективність запропонованого рішення для відновленні міцності дорожнього одягу перехідного типу.

References

1. Vurozhemskiyy, V. K., Golovko, S. K. (2004). Cold recycling – effective technology of restoration of pavements. Kielce.
2. Golovko, S. K. (2008). Rational application of modern technologies for overhaul of local roads Beldornia Collection.
3. Golovko, S. K. (2020). New approaches to increase the capital of pavements in their repair. Roads and Bridges, Kyiv, 22, 86-94.
4. DerzhdoNDI SE. (2011). SOU 45.2-00018112-061:2011. Building materials. Organo-mineral road mixes from the milled materials of road clothes made by a method of cold recycling. Specifications. Ukrainian Organization Standard, Kyiv.
5. Bezruk, V. M. (1965). Soil strengthening. Moscow, Transport.
6. Goncharova, L. V. (1973). Basics of artificial soil improvement. Moscow, MSU.
7. Bezruk, V. M. (1978). Basic principles of soil strengthening. Moscow, Transport.
8. Bezruk, V. M., Elenovich, A. S. (1969). Road clothes from the strengthened soils. Moscow, Higher. School.
9. Efros, A. L. (1982). Physics and geometry of disorder. Moscow, Science. Main editorial office phys.-math. Literature, 268.
10. Radovsky, B. S. (1988). Probabilistic-geometric approach to the structure and assessment of the physical and mechanical properties of materials for road construction. New in the design of clothing structures, Moscow, 37-50.
11. Nascon Spolka z.o. (2020). Retrieved from <https://www.nascon.pl/technologia/>
12. Wirtgen Group. (2020). Soil stabilization. Retrieved from <https://www.wirtgen-group.com/ru-ua/products/wirtgen/technologies/recycling-and-soil-stabilisation/#49134>
13. Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine. (2016). DBN B.2.3-4:2015 Roads. Part I. Design. Part II. Construction. State building norms of Ukraine. Kyiv.
14. DerzhdoNDI SE. (2019). GBN B.2.3-37641918-559: 2019 Non-rigid road clothes. Designing. Industry Building Standards, Kyiv.



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

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

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

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

передплатний індекс – 74000,

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

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

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

© I. В. Копинець, завідувач відділу,
e-mail: viddbm@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-0908-4795;
© О. В. Соколов, завідувач лабораторії бітумних в'яжучих,
e-mail: viddbm@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-4694-9647;
© А. Д. Желтобриюх, м. н. с. лабораторії асфальтобетонів,
e-mail: viddbm@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0764-8793;
© В. С. Головченко, м. н. с. відділу,
e-mail: viddbm@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-5078-8682
(відділ бітумних в'яжучих та асфальтобетонів,
ДП "ДерждорНДІ")

© Ivan Kopynets, Head of Department,
e-mail: viddbm@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-0908-4795;
© Oleksii Sokolov, Head of Bituminous Binder Laboratory,
e-mail: viddbm@gmail.com;
ORCID: 0000-0002-4694-9647;
© Anton Zheltobriukh, Junior Researcher of Asphalt
Laboratory,
e-mail: viddbm@gmail.com;
ORCID: 0000-0003-0764-8793;
© Vasiliy Golovchenko, Junior Researcher,
e-mail: viddbm@gmail.com;
ORCID: 0000-0001-5078-8682
(Bituminous Binder and Asphalt Department M. P. Shulgin
State Road Research Institute State Enterprise)

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЩЕБЕНЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ВИРОБНИЦТВА АТ "НИКОПОЛЬСЬКИЙ ЗАВОД ФЕРОСПЛАВІВ" ПІД ЧАС БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

INVESTIGATING THE POSSIBILITY USING CRUSHING MATERIALS OF PRODUCTION OF JSC "NIKOPOL FERROALLOY PLANT" DURING ROAD CONSTRUCTION

Анотація. Представлено результати дослідження щебеневих матеріалів виробництва АТ "Нікопольський завод ферросплавів". Проведено експериментальні дослідження з встановлення фізико-механічних властивостей щебеню фракції 5-10 мм, щебеню фракції 10-20 мм, щебеню фракції 20-40 мм, щебеню фракції 40-70 мм, щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 20 мм, щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 40 мм, щебенево-піщаної суміші з максимальним розміром зерен 70 мм та піску із відсіків подрібнення фракції 0-5 мм. Встановлено відповідність досліджуваних матеріалів вимогам національних стандартів та визначено область їх застосування для влаштування конструктивних шарів дорожнього одягу.

Ключові слова: відходи промисловості, дорожній одяг, металургійний шлак, щебінь, щебенево-піщані суміші.

Аннотация. Представлены результаты исследования щебеночных материалов производства АО "Никопольский завод ферросплавов". Проведены экспериментальные исследования по установлению физико-механических свойств щебня фракции 5-10 мм, щебня фракции 10-20 мм, щебня фракции 20-40 мм, щебня фракции 40-70 мм, щебено-песчаной смеси с максимальным размером зерен 20 мм, щебено- песчаной смеси с максимальным размером зерен 40 мм, щебено-песчаной смеси с максимальным размером зерен 70 мм и песка из отсевов дробления фракции 0-5 мм. Установлено соответствие исследуемых материалов требованиям национальных стандартов и определена область их применения для устройства конструктивных слоев дорожной одежды.

Ключевые слова: отходы промышленности, дорожная одежда, металлургический шлак, щебень, щебено-песчаные смеси.

Abstract. Disposal of secondary materials is intended for the conservation of natural resources and the speedy maintenance of travels, as it is necessary to dispose of them in special missions. Utilization will be attracted by the countries of the European Union, in which all directives are in accordance with the provisions for managing the inputs. On the current year in Ukraine, there is no food utilization in the industry, that is why this part is located at the doorways that carry in itself a great risk for ecology, and only insignificant part is to be utilized in future events. This paper presents the results of a study of crushed stone materials produced by JSC "NIKOPOL FERROAL ALLOYS PLANT". Experimental researches on establishment of physical and mechanical properties of crushed stone of fraction of 5 – 10 mm, crushed stone of fraction of 10 – 20 mm, crushed stone of fraction of 20 – 40 mm, crushed stone of fraction of 40 – 70 mm, crushed stone-sand mix with the

maximum grain size of 20 mm, crushed stone sand mixture with a maximum grain size of 40 mm, crushed stone-sand mixture with a maximum grain size of 70 mm and sand from screenings of crushing fraction 0 – 5 mm. The conformity of the studied materials to the requirements of national standards is established and the field of their application for the device of constructive layers of pavement is defined. Additional materials can be used without viscous for crushed stone spheres of road bedding (cover, base, additional basis), as well as with organic binders at the storage of asphalt concrete , black crushed stone, sums of organo-minerals from milling materials of road surfaces, which are prepared using the method of cold recycling, crushed stone-fueled sums, overgrown with inorganic knitting or a complex of knitting. Victory of pre-existing crushed stone materials for an hour of development of automobile roads to allow the change of technogenically new ones to the new environment, change of debts on the basis of victories of natural crushed stone materials and resources of vitality.

Keywords: industrial wastes, road pavement, metallurgical slag, crushed stone, crushed stone-sand mixtures.

Вступ

Утилізація вторинних матеріалів виробництва призначена для збереження природних ресурсів і скорочення обсягу відходів, які необхідно утилізувати в спеціальних місцях поховання. Утилізація заохочується багатьма країнами Європейського Союзу, в якому є відповідні положення у всіх директивах, що стосуються управління відходами. Ключовим елементом у заохоченні до переробки відходів є принцип "забруднювати платити", який був включений до всіх директив Співтовариства щодо поводження з безпечними та небезпечними відходами. З метою заохочення до переробки багато держав-членів прийняли специфічне екологічне законодавство, зокрема, сплату податку за утилізацію відходів.

На сьогодні в Україні не вирішено питання утилізації відходів промисловості, тому значна їх частина знаходиться у відвалих та несе в собі великий ризик для екології, і тільки незначна частина утилізується в будівельних проектах [1], хоча вже існує "Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки" [2] та розпорядженням Кабінету міністрів України [3], які регламентують використання місцевих матеріалів, включаючи відходи промисловості під час будівництва автомобільних доріг.

Шлак – металургійний розплав, що зазвичай покриває поверхню рідкого металу при металургійних процесах – плавці сировини, обробці розплавлених проміжних продуктів і рафінуванні металів. Є сплавом оксидів змінного складу. Головні компоненти шлаку – кислотний оксид SiO_2 і основні оксиди CaO , FeO , MgO , а також нейтральні Al_2O_3 і ZnO .

Шлак з успіхом використовують у дорожньому будівництві. Наприклад, в країнах Європейського союзу для влаштування шарів дорожнього одягу використовують доменний шлак (BF), киснево-конверторний сталеплавильний шлак (BO) та шлаки з електродугової печі (EAF) [4–8]. В останні 20 роках обсяг використання шлаків в країнах Європейського союзу в середньому перевищує обсяги його утворення. Наприклад, у 2006 році було використано в 1,17 разів

більше шлаку ніж вироблено на металургійних підприємствах. Близько 40 % шлаку використовують для отримання цементу та цементовмісочих матеріалів, орієнтовно таку ж кількість шлаків використовують в дорожньому будівництві. Також шлак використовують для отримання добрив, внутрішніх потреб на металургійних комбінатах, піддають проміжному зберіганню або остаточно утилізують. Тому дослідження в Україні щебеневих матеріалів із шлаків металургійних є актуальним та своєчасним.

Основна частина

Метою даного дослідження було встановлення можливості використання щебеневих матеріалів із шлаків металургійних виробництва АТ "Нікопольський завод феросплавів".

Під час проведення досліджень використовували: щебінь фракції 5 – 10 мм, 10 – 20 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм; щебенево-піщану суміш з максимальним розміром зерен 20 мм, 40 мм та 70 мм; пісок із відсівів подрібнення фракції 0 – 5 мм.

Для досліджуваних матеріалів було визначено зерновий склад, вміст пиловидних та глинистих часток, вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми, дробильність, вміст слабких зерен, стираність, морозостійкість, водопоглинання та активність.

Зерновий склад щебеню визначали згідно з пунктом 4.3 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає в розділенні матеріалу на фракції за крупністю, використовуючи набір різних сит в порядку зменшення розмірів їх отворів. Розміри отворів і кількість сит вибирали відповідно до фракції проби. За результатами випробування встановлювали групу щебеню за найбільшим розміром зерен та відповідність зернового складу вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Вміст пиловидних та глинистих часток визначали згідно з пунктом 4.5 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у відмучуванні пиловидних та глинистих часток (розміром менше ніж 0,05 мм) з проби щебеню. За результатами випробування встановлювали відповідність щебеню вимогам пункту 5.2.9 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми визначали згідно з пунктом 4.7

ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у візуальному огляді, відбиранні вручну та вимірюванні розмірів зерен товщина або ширина яких становить менше їх довжини у три та більше разів. За результатами випробування встановлювали форму зерен щебеню згідно з таблицею 6 ДСТУ Б В.2.7-74 [11] та відповідність щебеню вимогам пункту 5.2.7 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Дробильність щебеню визначали згідно з пунктом 4.8 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у визначенні ступеню руйнування зерен щебеню у результаті стискання (роздавлювання) у циліндри. За результатами випробування встановлювали марку щебеню за дробильністю згідно з таблицею 6 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Вміст слабких зерен у щебені визначали згідно з пунктом 4.9 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у розбиранні зерен щебеню за характерними ознаками. За результатами випробування встановлювали відповідність щебеню вимогам таблиці 7 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] залежно від марки щебеню за дробильністю.

Стираність щебеню у полічному барабані визначали згідно з пунктом 4.10

ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у визначенні ступеню руйнування зерен щебеню у результаті впливу металевих кульок під час обертання в барабані. За результатами випробування встановлювали марку щебеню за стираністю згідно з таблицею 8 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Морозостійкість щебеню визначали згідно з пунктом 4.12 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у визначенні здатності щебеню протистояти поперемінному заморожуванню та віттанню. За результатами випробування

встановлювали марку щебеню за морозостійкістю згідно з таблицею 4 ДСТУ Б В.2.7-75 [12].

Водопоглинання визначали згідно з пунктом 4.18 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у встановленні здатності щебеню поглинати воду та характеризує кількість відкритих пор, доступних для води.

Активність шлаку визначали згідно з пунктом 4.26 ДСТУ Б В.2.7-71 [9]. Дане випробування полягає у встановленні здатності шлаку до самоцементації при взаємодії з водою. За активністю шлаку визначають область застосування вироблених з нього щебеневих матеріалів. Вид шлаку за активністю визначали згідно з таблицею 3 ДСТУ Б В.2.7-149 [10].

Область використання щебеневих матеріалів визначається їх властивостями. Щебеневі матеріали можна використовувати як без в'яжучих (для влаштування незв'язних шарів дорожнього одягу), так і з в'яжучими (бітумними, мінеральними). Відповідно до пункту 11.1

ДСТУ Б В.2.7-30 [13] щебеневі матеріали без в'яжучих використовують для влаштування покриття, шарів основи, додаткових шарів основи, вирівнювання поверхні шарів основи дорожнього одягу на автомобільних дорогах загального користування методом заклинки або з сумішай. При цьому, влаштування покриття із щебеневих матеріалів можливе на автомобільних дорогах IV – V категорії, а шарів основи – I – V категорії. Вимоги до щебеневих матеріалів із шлаків металургійних для влаштування покриття та основи дорожнього одягу з незв'язних матеріалів наведено в табл. 1 (витяг з ДСТУ Б В.2.7-30 [13]).

Таблиця 1

Вимоги до щебеневих матеріалів

Ч. ч.	Найменування показника	Значення показника для шарів дорожнього одягу			
		покриття		основи	
		категорія автомобільно дороги			
		IV	V	I – III	IV – V
1	Марка за міцністю (за дробильністю), не нижче ніж	800	600	600	300
2	Марка за стираністю, не нижче ніж	Ст-II	Ст-III	Ст-III	Ст-III –Ст-IV
3	Марка щебеню за морозостійкістю для районів за середньою температурою повітря найхолоднішого місяця року, °C, не нижче ніж: – від 0 до мінус 5 – від мінус 5 до мінус 10	F15 F25	F15 F25	F15 F25	- F25
4	Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми, % за масою, не більше ніж	15	15	35	-

Результати випробування щебеню наведено в табл. 2, піску із відсівів подрібнення – в табл. 3, щебенево-піщаної суміші – в табл. 4.

Таблиця 2

Результати випробування щебеню

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-149	Фактичні значення показників для фракції			
			5 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 70
1	Зерновий склад за повним залишком на контрольних ситах: – 1,25 $D_{\text{найб}}$, % за масою – $D_{\text{найб}}$, % за масою – 0,5 ($D_{\text{найм}} + D_{\text{найб}}$), % за масою – $D_{\text{найм}}$, % за масою – 2,5 мм, % за масою – 1,25 мм, % за масою	до 0,5 до 10 від 30 до 80 від 90 до 100 – –	0,4 9,82 78,3 98,6 99,1 99,1	0,0 2,2 46,2 98,0 99,2 99,3	0,0 5,0 30,4 90,3 99,5 99,6	0,0 0,8 71,9 96,3 99,9 99,9
2	Вміст пиловидних та глинистих часток, % за масою	не більше ніж 3,0	0,60	0,43	0,23	0,34
3	Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою	не більше ніж 35	15,0	14,5	7,5	11,7
4	Група за формою зерен	–	кубовидна	кубовидна	окатана	кубовидна
5	Втрата маси при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою	до 15	10,8	9,8	12,1	12,1
6	Марка щебеню за міцністю	1200	1200	1200	1200	1200
7	Вміст слабких зерен, % за масою	не більше ніж 5	3,8	3,2	1,3	0,7
8	Втрата маси при випробуванні щебеню на стираність, % за масою	до 25	13,8	15,1	15,3	15,3
9	Марка щебеню за стираністю	Ст-I	Ст-I	Ст-I	Ст-I	Ст-I
10	Втрата маси після випробування на морозостійкість (прискорений метод), % за масою	до 5,0	4,8	4,4	4,3	4,5
11	Марка щебеню за морозостійкістю	F100	F100	F100	F100	F100
12	Водопоглинання, % за масою	–	1,39	0,87	0,79	0,93
13	Границя міцності при стиску зразків, виготовлених із молотого шлаку, МПа	від 1,0 до 2,5			1,5	
14	Вид шлаку за активністю	Слабоактивний			Слабоактивний	

Таблиця 3

Результати випробування піску

Ч. ч.	Найменування показників	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-35 [14]	Фактичні значення показників
1	Зерновий склад за повним залишком на контрольних ситах, % за масою, з розміром отворів, мм: – 10,0 – 7,5 – 5,0 – 2,5 – 1,25 – 0,63 – 0,315 – 0,16 – 0,071	до 1,0 % – – – – від 65 до 75 – не менше ніж 90	0,0 0,0 3,9 32,8 54,4 66,5 78,3 85,7 88,7
2	Модуль крупності	від 3,0 до 3,5	3,2
3	Група піску за крупністю	підвищеної крупності	підвищеної крупності
4	Вміст пиловидних та глинистих часток, % за масою	–	8,33

Таблиця 4

Результати випробування щебенево-піщаної суміші

Максимальний розмір зерен, мм	Показник	Повний залишок на контрольному ситі з розміром отворів, мм								
		70	40	20	10	5	2,5	0,63	0,16	0,05
20	Фактичні результати			16,4	39,8	64,0	76,0	88,0	95,5	97,5
	Вимоги до С2			0-20	10-35	25-50	35-60	55-80	65-90	80-92
	Відповідність вимогам			+	-	-	-	-	-	-
	Вимоги до С9			0-20	25-40	40-65	55-80	75-95	90-100	95-100
	Відповідність вимогам			+	+	+	+	+	+	+
	Вимоги до С10			0-20	15-30	30-55	40-70	65-97	85-95	95-100
	Відповідність вимогам			+	-	-	-	+	-	+
40	Фактичні результати		2,0	38,4	51,9	69,8	79,0	89,6	95,8	97,5
	Вимоги до С1		0-15	20-40	35-60	45-70	55-80	65-90	75-92	80-93
	Відповідність вимогам		+	+	+	+	+	+	-	-
	Вимоги до С7		0-15	20-40	40-65	55-80	65-90	85-95	95-100	95-100
	Відповідність вимогам		+	+	+	+	+	+	+	+
	Вимоги до С8		0-15	15-30	30-55	40-70	55-80	75-90	85-95	95-100
	Відповідність вимогам		+	-	+	+	+	+	-	+
70	Фактичні результати	1,2	25,0	58,6	63,8	73,7	81,4	91,5	96,7	98,3
	Вимоги до С5	0-10	20-40	40-65	55-80	65-85	75-90	80-95	90-100	95-100
	Відповідність вимогам	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Вимоги до С6	0-10	15-30	25-50	40-65	50-75	60-85	75-95	90-100	95-100
	Відповідність вимогам	+	+	-	+	+	+	+	+	+

Результати випробування засвідчили, що щебінь фракції 5 – 10 мм, 10 – 20 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм за зерновим складом відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-149 [10]. Вміст пилуватих та глинистих часток у щебені залежно від фракції становить від 0,23 % до 0,6 %, що задовільняє вимоги пункту 5.2.9 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] (не більше ніж 3,0 %).

Вміст зерен лещадної та голчастої форми, % за масою, у щебені фракції 5 – 10 мм становить 15 %, щебені фракції 10 – 20 мм – 14,5 %, щебені фракції 20 – 40 мм – 7,5 %, а у щебені фракції 40 – 70 мм – 11,7 %. За даним показником всі фракції щебеню відповідають вимогам пункту 5.2.7 ДСТУ Б В.2.7-149 [10]. Відповідно до класифікації таблиці 6 ДСТУ Б В.2.7-74 [11] за формою зерен щебінь фракції 5 – 10 мм, 10 – 20 мм та 40 – 70 мм може бути віднесено до кубовидної групи, а щебінь фракції 20 – 40 мм – до окатаної.

Втрата маси щебеню при випробуванні на міцність за дробильністю, % за масою, для щебеню фракції 5 – 10 мм становить 10,8 %, щебеню фракції 10 – 20 мм – 9,8 %, а щебеню фракції 10 – 20 мм та 20 – 40 мм – 12,1 %. Відповідно до класифікації таблиці 6 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] марка за дробильністю щебеню всіх фракцій становить 1200.

Вміст зерен слабких порід, % за масою, у щебені фракції 5 – 10 мм становить 3,8 %, щебені фракції 10 – 20 мм – 3,2 %, щебені фракції 20 – 40 мм – 1,3 %, а у щебені фракції 40 – 70 мм – 0,7 %. За даним показником всі фракції щебеню відповідають вимогам таблиці 7 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] відповідно до марки щебеню за дробильністю 1200 (не більше ніж 5,0 %). При цьому, чим менший розмір фракції щебеню, тим більшим є вміст у ньому зерен слабких порід.

Втрата маси щебеню при випробуванні на стираність, % за масою, для щебеню фракції 5 – 10 мм становить 13,8 %, щебеню фракції 10 – 20 мм – 15,1 %, а щебеню фракції 10 – 20 мм та 20 – 40 мм – 15,3 %. Відповідно до класифікації таблиці 8 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] марка за стираністю щебеню всіх фракцій становить Ст-І.

Втрата маси після випробування на морозостійкість, % за масою, прискореним методом шляхом поперемінного витримування щебеню у розчині сульфату натрію та висушування засвідчили, що досліджуваний щебінь фракції 5 – 10 мм, 10 – 20 мм, 20 – 40 мм та 40 – 70 мм відповідно до таблиці 4 ДСТУ Б В.2.7-75 [12] може бути віднесено до марки F100, оскільки після десяти циклів випробування втрата маси щебеню кожної фракції була не більше ніж 5,0 %. При

збільшенні кількості циклів випробування до 15, втрата маси щебеню кожної фракції становила більше ніж 5,0 %.

Шлак, що використовують для виробництва досліджуваного щебеню, відповідно до значень границі міцності при стиску зразків, що виготовлені з молотого шлаку з оптимальною вологістю, відповідно до таблиці 3 ДСТУ Б В.2.7-149 [10] може бути віднесеній до слабоактивного виду.

Проведені дослідження з визначення зернового складу піску із відсіву подрібнення засвідчили, що досліджуваний пісок має модуль крупності 3,2, що відповідно до таблиці 4 ДСТУ Б В.2.7-35 [14] дозволяє віднести його до групи пісків підвищеної крупності.

Вміст у піску зерен розміром менше ніж 0,16 мм становить 14,3 %, що свідчить про необхідність збагачення піску для забезпечення його відповідності вимогам таблиці 4 ДСТУ Б В.2.7-35 [14] (не більше ніж 10 %).

Проведені дослідження з визначення зернового складу щебенево-піщаних сумішей з максимальним розміром зерен 20 мм, 40 мм та 70 мм засвідчили, що дані суміші належать до щебенево-піщаних для основи дорожнього одягу типу С9, С7 та С5.

Висновки

За аналізом результатів досліджень, вимог ДБН В.2.3-4 [15], вимог національних та галузевих стандартів встановлено, що досліджувані щебеневі матеріали з шлаків металургійних виробництва АТ "Нікопольський завод феросплавів" можна використовувати:

1) без використання в'яжучих для влаштування щебеневих шарів дорожнього одягу (покриття, основи, додаткової основи) згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [13], а саме:

– щебінь фракції 40 – 70 мм може бути використано під час влаштування шарів основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування IV – V категорії методом заклинки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 [16] як щебінь основної фракції, а щебінь фракції 20 – 40 мм, 10 – 20 мм та 5 – 10 мм – як щебінь розклинювальних фракцій;

– щебінь фракції 10 – 20 мм та 5 – 10 мм може бути використано як щебінь розклинювальних фракцій під час влаштування покриття;

– щебінь фракції 40 – 70 мм, 20 – 40 мм, 10 – 20 мм та 5 – 10 мм і пісок з відсівів подрібнення може бути використано для виробництва щебенево-піщаних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [13];

– щебенево-піщані суміші типу С5, С7 та С9 може бути використано для влаштування шарів

основи дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування I – IV категорії.

2) з використанням в'яжучих у складі:

– асфальтобетонних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [17];

– бітумомінеральних та вологих органо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В.2.7-305 [18];

– чорного щебеню згідно з СОУ 42.1-37641918-124 [19];

– щебеню, обробленого просоченням, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 [16];

– сумішей органо-мінеральних з фрезерованих матеріалів дорожніх одягів, що виготовлені за методом холодного ресайклінгу, згідно з СОУ 45.2-00018112-061 [20];

– щебенево-піщаних сумішей, оброблених неорганічним в'яжучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 [16];

– щебенево-піщаних сумішей, оброблених комплексом в'яжучим, згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3-39 [16].

Використання досліджених щебеневих матеріалів під час будівництва автомобільних доріг дозволить зменшити техногенне навантаження на навколошне середовище, зменшити обсяги використання природних щебеневих матеріалів та оптимізувати витрати матеріальних та енергетичних ресурсів, що сприятиме зниженню вартості дорожньо-будівельних робіт та дорожніх одягів завдяки можливості зменшити обсяги застосування матеріалів, які потрібно транспортувати на значні відстані.

References

1. Sokolov, O. V., Zhelotobryukh, A. D., Kopynets, I. V., Kaskiv, V. I. (2020). Vykorystannya vidkhodiv promyslovosti v dorozhnому budivnytstvi [The use of industrial waste in road construction]. Dorohy i mosty, 21, 110-119.
2. Government portal of Ukraine. (2018). State target economic program for the development of public roads of state importance for 2018-2022. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/derzhavna-cilova-ekonomichna-programa-rozvitku-avtomobilnih-dorig-zagальнogo-koristuvannya-derzhavnogo-znachennya-na-2018-2022-roki>
3. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2019). Order of the Cabinet of Ministers of December 4, 2019 № 1420-р "On the use of industrial waste in road construction. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zastosuvannya-vidkhodiv-virobnic-a1420r>
4. Dunster, A. M. (2017). The use of blastfurnace slag and steel slag as aggregates. Proceedings of the Fourth European Symposium on Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements, Bitmat 4, Nottingham, 257-260.
5. Rockliff, D., Moffett, A., Thomas, N. (2002). Recent developments in the use of steel slag aggregates in asphalt mixtures in the UK. Proceedings of the 4th European Symposium on Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements, Nottingham, 5.
6. Pascal, S., Jan-Erik, L., Maria, A., Paul, F. K. (2009). Reproducing ten years of road ageing – accelerated carbonation and leaching of EAF steel slag. International Journal of Highway Engineering, 17, 1, 25-33 DOI : <https://doi.org/10.7855/IJHE.2015.17.1.025>

7. Morone, M., Costa, G., Polettini, A., Pomi, R., Baciocchi, R. (2014). Valorization of steel slag by a combined carbonation and granulation treatment. *Mineral Engineering*, 59, 82-90.
8. Ellis, C. (1999). Performance and durability aspects of asphalt incorporating electric arc furnace steel slag aggregates designed for use in thin pavement surfaces. *Proceedings of the 3rd European Symposium on Performance and Durability of Bituminous Materials and Hydraulic Stabilized Composites*. Leeds, 221-238.
9. State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy. (1999). DSTU B B.2.7-71-98 Crushed stone and gravel from dense rocks and industrial wastes for construction works. Methods of physical and mechanical tests (GOST 8269.0-97). State Standard of Ukraine, Kyiv.
10. DerzhordNDI SE. (2008). DSTU B B.2.7-149:2008 Crushed stone and crushed stone-sand mixtures from metallurgical slags for road works. Specifications. State Standard of Ukraine, Kyiv.
11. Technical Committee for Standardization TC 305 "Building Products and Materials". (1998). DSTU B B.2.7-74-98 Large natural fillers, from industrial waste, artificial for building materials, products, structures and works. Classification. State Standard of Ukraine, Kyiv.
12. Technical Committee for Standardization TC 305 "Building Products and Materials". (1998). DSTU B B.2.7-75-98 Rubble and gravel are dense natural for building materials, products, structures and works. Specifications. State Standard of Ukraine, Kyiv.
13. DerzhordNDI SE. (2013). DSTU B B.2.7-30:2013 Non-metallic materials for gravel and gravel foundations and road surfaces.
- General technical conditions. State Standard of Ukraine, Kyiv.
14. Research Institute of Construction Production. (1995). DSTU B B.2.7-35-95 Crushed stone, sand and crushed stone-sand mixture of blast furnace and steelmaking slag for general construction works. General technical conditions. State Standard of Ukraine, Kyiv.
15. Ministry of Regional Development, Construction and housing and communal services of Ukraine. (2015). DBN B.2.3-4:2015 Motor roads. Part I. Design. Part II. Construction. State Standard of Ukraine, Kyiv.
16. DerzhordNDI SE. (2016). DSTU-N B B.2.3-39:2016 Guidelines for the arrangement of layers of pavement made of stone materials. State Standard of Ukraine, Kyiv.
17. Ministry of Regional Development, Construction and housing and communal services of Ukraine. (2012). DSTU B B.2.7-119:2011 Asphalt concrete mixtures and road and airfield asphalt concrete. Specifications. State Standard of Ukraine, Kyiv.
18. DerzhordNDI SE. (2015). DSTU B B.2.7-305:2015 Road bituminous-mineral mixtures. General technical conditions. Specifications. State Standard of Ukraine, Kyiv.
19. DerzhordNDI SE. (2014). SOU 42.1-37641918-124:2014 Black rubble for road works. Specifications. Ukrainian Organization Standard, Kyiv.
20. DerzhordNDI SE. (2011). SOU 45.2-00018112-061:2011 Building materials. Organo-mineral road mixes from the milled materials of road clothes made by a method of cold recycling. Specifications. Ukrainian Organization Standard, Kyiv.

УДК 624.21:625.745.1

© Л. П. Боднар, канд. техн. наук, зав. відділом,
e-mail: laragor@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-4754-721X;
© С. С. Завгородній, науковий співробітник,
e-mail: zav_ss@ex.ua,
ORCID: 0000-0003-1928-4544;
© С. Н. Степанов, провідний інженер,
e-mail: stepa_home@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-1220-4310;
© В. Л. Яструбінський, канд. техн. наук, провідний науковий співробітник,
ORCID: 0000-0002-4837-3303,
e-mail: desbridge40@gmail.com
(ДП "ДерждорНДІ")

DOI: 10.33868/0365-8392-2020-4-264-58-63

© Larysa Bodnar, PhD, Head of Department,
e-mail: laragor@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-4754-721X;
© Serhii Zavhorodnii, Research Officer,
e-mail: zav_ss@ex.ua,
ORCID: 0000-0003-1928-4544;
© Serhii Stepanov, Senior Engineer,
e-mail: stepa_home@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-1220-4310;
© Vitalii Yastrubinetskyi, PhD Candidate of Technical Sciences,
Leading Researcher,
e-mail: desbridge40@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-4837-3303
(M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise)

АНАЛІЗ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТИВ ЗА ЇХ ТИПОВИМИ ПРОЄКТАМИ

ANALYSIS OF DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF BRIDGES ACCORDING TO THEIR TYPICAL DESIGNS

Анотація. На автомобільних дорогах України експлуатуються тисячі мостів, побудованих в XX столітті. В умовах обмеженого фінансування дорожньої галузі України вік автодорожніх мостів постійно збільшується, зростає кількість дефектів у конструкціях. Найбільша кількість дефектів зосереджено в прогонових будовах мостів. Основна частина прогонових будов складається зі збірних

залізобетонних балок, виготовлених на заводах залізобетонних конструкцій за типовими проектами, розробленими в середині минулого століття. В результаті багаторічної експлуатації мостів виявляються недоліки цих проектів, що знижує термін служби прогонових будов і мостів загалом. Вивчення цього процесу вимагає системного підходу.

У системі Укравтодору функціонує Аналітична експертна система управління мостами (AESUM). У цьому програмному комплексі акумулюється вся інформація результатів обстежень мостів на дорогах загального користування.

Розглянуто типові проекти залізобетонних прогонових будов мостів, які побудовані та експлуатуються на дорогах України, і виконано порівняльний аналіз особливостей цих проектів з урахуванням впливу на безпеку експлуатації мостів. Введено поняття рангу типового проекту за довговічністю. Запропоновано формулу для оцінки довговічності прогонових будов типового проекту з використанням цього поняття. Виконано аналіз довговічності прогонових будов.

Ключові слова: автодорожній міст, типові проекти, довговічність.

Аннотация. На автомобильных дорогах Украины эксплуатируются тысячи мостов, построенных в XX веке. В условиях ограниченного финансирования дорожной отрасли Украины возраст автодорожных мостов постоянно увеличивается, возрастает количество дефектов в конструкциях. Наибольшее количество дефектов сосредоточено в пролётных строениях мостов. Основная часть пролётных строений состоит из сборных железобетонных балок, изготовленных на заводах железобетонных конструкций по типовым проектам, разработанным в середине прошлого века. В результате многолетней эксплуатации мостов выявляются недостатки этих проектов, что снижает срок службы пролётных строений и мостов в целом. Изучение этого процесса требует системного подхода. В системе Укравтодора функционирует Аналитическая экспертная система управления мостами (AESUM). В этом программном комплексе акумулируется вся информация результатов обследований мостов на дорогах общего пользования.

Рассмотрены типовые проекты железобетонных пролётных строений мостов, построенных и эксплуатируемых на дорогах Украины, и выполнен сравнительный анализ особенностей этих проектов с учётом влияния на безопасность эксплуатации мостов. Введено понятие ранга типового проекта по долговечности. Предложена формула для оценки долговечности пролётных строений типового проекта с использованием этого понятия. Выполнен анализ долговечности пролётных строений.

Ключевые слова: автодорожный мост, типовые проекты, долговечность.

Abstract. Thousands of bridges built in the 20th century are operated on Ukrainian roads. In the limited funding of the road industry of Ukraine, the age of highway bridges is constantly increasing, the number of defects in structures is growing. The largest number of defects is concentrated in the bridge spans. The main part of the bridge spans consists of prefabricated reinforced concrete beams, manufactured in factories of reinforced concrete structures according to standard designs developed in the middle of the last century. As a result of long-term operation of bridges, the shortcomings of these designs which reduce the service life of bridge spans and bridges in general are revealed. The systematic approach is required to study this process. The Analytical Expert Bridge Management System (AESUM) operates in the Ukravtodor system. This software complex accumulates all the information on the results of inspections (certification) of bridges on public roads. The special module AESUM – a database of standard designs of bridge spans which is constantly updated was developed to make decisions on repair works taking into account the features of structures on standard designs, to store this information in a single complex, in electronic form. Standard designs of reinforced concrete bridge spans built and operated on the roads of Ukraine are considered, and a comparative analysis of the features of these designs is performed taking into account the impact on the safety of bridge operation, their main features and shortcomings are given. The concept of rank of the standard design on durability is entered. A formula for estimating the durability of bridge span of a standard design using this concept is proposed. The analysis of durability of bridge span is performed. A number of problematic standard designs have been identified.

Keywords: road bridge, standard designs, durability.

Вступ

Основна частина прогонових будов мостів на автомобільних дорогах України складається із збірних залізобетонних балок, які були виготовлені на спеціалізованих заводах і об'єднані в проектному положенні при монтажі. Прогонові будови, а також і збірні залізобетонні деталі фундаментів і опор цих мостів виготовлені за типовими проектами. Вік цих мостів складає 30–60 років. Масова заміна мостових конструкцій з відпрацьованим ресурсом неможлива, тому довговічність існуючих мостів набуває особливого значення.

Задача забезпечення надійної та безаварійної експлуатації мостів, які являються невід'ємною складовою транспортної інфраструктури, з кожним роком постає все гостріше з таких причин:

- збільшується вік мостів;
- збільшується кількість мостів, проекти яких не відповідають сучасним вимогам;
- збільшується вага транспортних одиниць;

– погіршується якість покриття проїзної частини мостів, внаслідок чого зростає динамічний вплив на конструкції мостів.

На автомобільних дорогах України експлуатуються тисячі мостів, збудованих у ХХ столітті за типовими проектами. Проведення аналізу довговічності конструкцій прогонових будов мостів на автомобільних дорогах загального користування дозволить визначити перелік актуальних типових проектів, виявити недоліки цих проектів з подальшим формуванням рекомендацій щодо належної експлуатації цих мостів.

У системі Укравтодору функціонує Аналітична експертна система управління мостами (AESUM) [1, 2]. В цьому програмному комплексі акумулюється вся інформація результатів обстежень мостів на дорогах державного значення, тут є дані про дефекти елементів споруд, а також про типові проекти прогонових будов.

Мета роботи – сформувати спеціальний модуль AESUM – базу даних типових проектів про-

гонових будов, запропонувати поняття рангу прогонової будови та забезпечити їго автоматичне визначення, на основі аналізу цих даних визначити проблемні типові проекти, збудовані за якими прогонові будови перебувають у незадовільному стані.

Основна частина

Масове будівництво залізобетонних мостів на автомобільних дорогах в Україні почалося в 50-60 роки минулого століття.

З цією метою були розроблені типові проекти збірних залізобетонних балок і плит – складових частин прогонових будов. Для виготовлення цих балок і плит за типовими проектами були пристосовані виробничі бази мостобудівних організацій.

У статті [3] наведено опис таких прогонових будов і технологій їх виготовлення, виконано порівняльний аналіз конструкцій.

У даній роботі розглянуті найбільш поширені на Україні в даний час залізобетонні балкові прогонові будови, і виконано порівняльний аналіз їх довговічності за результатами обстежень, акумульованих в АЕСУМ.

Один з перших типових проектів залізобетонних прогонових будов – "Типові проекти споруд на автомобільних дорогах. Випуск 56" був розроблений в проектному інституті Союздорпроект (м. Москва) в 1958 році відповідно до [4].

Залізобетонна прогонова будова складалась із декількох балок таврового поперечного перерізу із каркасною арматурою (без попереднього натягу). Балки з'єднувалися між собою зварюванням сталевих закладних деталей у поперечних діафрагмах. Ці діафрагми були виконані у вигляді вертикальних залізобетонних поперечних пластин з обох сторін кожної балки, крім крайніх. Армування і бетонування діафрагм одночасно із балкою.

Таке об'єднання окремих балок до загально-го ростверку дозволяє досягти більш рівномірного розподілу зовнішнього навантаження на окремі балки.

Прогонові будови такого типу знаходяться в експлуатації до 60 років. За цей час виявлено основні недоліки конструкції, а також виконання:

– надмірна насиченість арматурою перерізу ребер балок, особливо в нижній частині, що ускладнює укладання бетону при виготовленні балок і призводить до корозії робочої арматури (**рисунок 1**);

– складна конструкція металоформ для виготовлення балок.

Ці недоліки типового проекту "Випуск 56" були прийняті до уваги та враховані при розробці додаткового типового проекту "Випуск 56. Доповнення" [5].

Проект введений в дію в 1962 році. Відрізняється від попереднього проекту відсутністю діафрагм, а також тим, що стінки в поперечному перерізі мають вигляд трапеції з розширенням догори. Завдяки цьому, вдалося спростити конструкцію опалубки, але погіршилась взаємодія балок, збільшилося навантаження на кожну балку, що привело до посилення армування балок.

Починаючи з 60-років при розробці типових проектів балкових і плитних прогонових будов перевага віддається конструкціям з попереднім натягом робочої арматури.

Розглянемо кілька найбільш поширених типових проектів балок і плит прогонових будов.

Прогонові будови за типовим проектом "Випуск 122-62, випуск 122-63"

Проект введений в дію в 1962 році. Розроблено згідно [6]. Це один з перших типових проектів прогонових будов мостів з попереднім натягом робочої арматури. Попередньо напруженна робоча арматура в нижньому поясі виконана з пучків високоміцного дроту діаметром 5 мм. Прогонова будова складається з декількох балок постійної висоти, об'єднаних поперечними діафрагмами.

Такі прогонові будови мали безсумнівні переваги перед конструкціями зі звичайного залізобетону за проектом "Вип. 56":

– відсутність поперечних тріщин в нижньому поясі (від згинального моменту), підвищена корозійстійкість і, отже, довговічність конструкцій;



Рис. 1. Прогонова будова за типовим проектом "Випуск 56". Руйнування захисного шару нижнього поясу балки і корозія робочої арматурі (шляхопровід через залізничну колію на автодорозі міжнародного значення М-12 Стрий-Тернопіль-Кропивницький-Знам'янка (через м. Вінницю) на км 524+232)

– розміри поперечного перерізу нижнього поясу забезпечували розміщення арматури з достатнім захисним шаром бетону;

– попередній натяг арматури нижнього поясу створював невеликий вигин вгору балок, що залишало необхідний нормами проєктування будівельний підйом.

Зазначені переваги були отримані за рахунок додаткових матеріальних та технологічних витрат, а саме:

– збільшення розмірів нижнього поясу привело до додаткових витрат матеріалів і зростання постійного навантаження (від власної ваги конструкції);

– для попереднього натягу арматури потрібна високоміцна арматурна сталь, а також додаткове обладнання – стенді (упори), спеціальні домкрати подвійної дії (натяг, потім заклінка – фіксація натягу);

– величину попереднього натягу необхідно було контролювати за допомогою спеціальних пристрійок;

– від дії на бетон потужних зосереджених зусиль при відпустці попереднього натягу арматури на торцевих ділянках балок виникали додаткові напруги, що вимагало додаткового армування цих ділянок.

Досвід експлуатації прогонових будов "Випуск 122-62, випуск 122-63" загалом показав, що згадані додаткові витрати позитивно вплинули на довговічність конструкцій в порівнянні з прогоновими будовами зі звичайного залізобетону ("Випуск 56", а також "Випуск 56. Доповнення").

Прогонові будови за типовим проектом "ВТП-15", "ВТП-16"

При розробці цих проектів були внесені значні зміни, а саме:

– з метою економії бетону, а також зниження ваги монтажного блоку був зменшений захисний шар бетону;

– з метою спрощення технології попереднього натягу арматури, а також зниження кількості арматури, замість натягу пучків високоміцного дроту потужними домкратами було розроблено технологію натягу окремих дротів (струн) діаметром 3 або 5 мм. Балки з такою арматурою називають струнобетонними.

Результати обстежень прогонових будов мостів, виготовлених за цими проектами, показали значне збільшення і прискорення (в порівнянні з прогоновими будовами, виконаними за іншими проектами) корозії арматури і руйнування захисного шару бетону. В таких балках часто виникають обриви струн.

Причини цього:

– відмова від арматури в пучках, що значно збільшило сумарну площину арматурної сталі, що знаходитьться в безпосередньому контакті з бетоном;

– зменшення захисного шару бетону.

Вказані вище недоліки викликають обриви дротів у балках за цими типовими проєктами (рис. 2, 3), руйнування з'єднань діафрагм. В Україні зафіксовано ряд обвалів балок прогонових будов за типовими проєктами "ВТП-15", "ВТП-16" навіть від власної ваги. Як правило, руйнуються крайні балки прогонів, які зазнають значного замокання внаслідок відведення води з проїзної частини до її країв, де внаслідок недосконалості системи водовідведення і невдалої конструкції тротуарів вода потрапляє на ці балки. Хлориди, які знаходяться у протиожеледних матеріалах, підвищують хімічну агресивність води.



Рис. 2. Прогонова будова (за типовим проектом "ВТП-15") складається із збірних залізобетонних балок з попереднім натягом струнної арматури. Значна частина робочої арматури оголена, схильна до корозії, кілька стрижнів (струн) обрівани. Несна здатність балки значно знижена (міст через р. Роставиця на автомобільній дорозі Н-02 /М-06-/Кременець-Біла Церква-Ржищів-Канів-Софіївка на км 375+787)



Рис. 3. Прогонова будова за типовим проектом "ВТП-15". Розрив струн робочої поздовжньої арматури в нижньому поясі балки прогонової будови (міст через р. Горинь на автомобільній дорозі Р-48 Кам'янець-Подільський-Сатанів-Вйтівці-Білогір'я на км 159+524)

Прогонові будови за типовим проектом "5-04-145"

Прогонові будови за типовим проектом "5-04-145" – залізобетонні суцільні плити зі стрижневим арматурою у вигляді одиночних стрижнів зі натягом на упори. Таки прогонові будові використовують для перекриття малих прогонів (до 6 м).

Прогонові будови за типовим проектом "384-43"

За цим проектом були виготовлені плитні прогонові будови з овальними порожнечами і з по-передньо напружену арматурою А-IV і А-V. На бічних гранях плит були утворені плоскі поглиблення. У проектному положенні між суміжними плитами були утворені поздовжні порожнини, які після монтажу заповнювали монолітним бетоном. Завдяки такій шпонки була забезпечена спільна робота плит на вигин.

Інформація про результати обстежень мостів, що зберігається в АЕСУМ, дозволяє при аналізі надійності і довговічності прогонових будов, виконаних за типовими проектами, врахувати також вплив тривалості експлуатації мостів.

Виконано аналіз за даними АЕСУМ за результатами обстежень мостів з прогоновими будовами з кількох найбільш поширеніх типових проектів (табл. 1, 2).

Введемо поняття рангу типового проекту за довговічністю C_o .

$$C_o = ((\sum_n)/n_s/T_{np}) * (N/n_s) = (t_{5cp}/T_{np}) * (N/n_s) \quad (1)$$

Таблиця 1

Розподіл прогонових будов за типовими проектами

№	Найменування типового проекту прогонових будов	Кількість прогонових будов цього проекту	%
1	2	3	4
1	Серія 5-04-145	1028	13,3
2	ВТП-21	1012	13,1
3	Випуск 384/43	434	5,6
4	ВТП-16	345	4,5
5	Випуск 56	212	2,7
6	Випуск 122-62	158	2,0
7	Випуск 31	155	2,0
8	Серія 3.503-14	141	1,8
9	Випуск 56-Д	109	1,4
10	ВТП-15	21	0,3

t_i – термін експлуатації прогонових будов i-го типового проекту до моменту переходу в 5-й стан,

n_s – кількість прогонових будов i-го типового проекту в 5-му стані,

T_{np} – проектний термін експлуатації залізобетонних збірних прогонових будов ([7], таблиця 4.3).

N – загальна кількість обстежених прогонових будов за даним типовим проектом.

t_{5cp} – середній термін експлуатації прогонових будов i-го типового проекту до моменту переходу в 5-й стан.

У табл. 3 наведені результати розрахунків за формулою (1) для тих же типових проектів (табл. 1, 2) з використанням даних АЕСУМ.

Найменші значення рангу за довговічністю отримані для прогонових будов за типовими проектами ВТП-15, ВТП-16, випуск 56 та випуск 31 (табл. 3), що підтверджує дані експлуатаційних станів мостів, які наведені в табл. 2.

Відділ управління станом мостів ДП "ДерждорНДІ" продовжує акумулювати в ПК АЕСУМ інформацію з обстежень мостів. Розроблено спеціальний модуль АЕСУМ – база даних типових проектів прогонових будов. Розроблений механізм роботи з типовими проектами дає змогу зберігати інформацію за типовими проектами як у вигляді картки, яка містить додаткову інформацію та опис проекту, так і безпосередньо зберігати електронні копії власне проектів (креслень).

Таблиця 2

Типові проекти, прогонові будови яких знаходяться в 5 стані

№	Найменування типового проекту прогонових будов	Всього мостів за цим проектом	В т.ч. в 5 стані	%
1	2	3	4	5
1	Серія 5-04-145	895	20	2,2
2	ВТП-21	821	17	2,1
3	Випуск 384/43	369	9	2,4
4	ВТП-16	306	22	7,2
5	Випуск 56	155	7	4,5
6	Випуск 122-62	87	5	5,7
7	Випуск 31	139	8	5,8
8	Серія 3.503-14	92	2	2,2
9	Випуск 56-Д	76	4	5,3
10	ВТП-15	20	4	20,0

Споруда: [Міст на км 387 + 421 р.Південний Буг м.Вінниця Дорога: Стрий-Тернопіль-Кропивницький-Знам'янка (через м.Вінницю)]

Паспорт споруди		Книга транспортних споруд	Стан елементів транспортних споруд	Розрахунки	Обмін даними	Довідники	
Прогонова будова							
№ типу	Номери прогонів, що перекріг прогоновими будовами такого типу (наприклад, 01-1-2)	К-ть прогонів даного типу					
1	1 2,3,3,4,4,5,5,6,7,8	7					
Тип статичної схеми							
Тип конструкції	Балочна розрізна						
Тип матеріалу	Бребістра з діафрагмами з ребрами таврового перерву						
Тип проекту	Союздорпроект "Випуск 122-62"						
Проектні навантаження	5 Н30, НК80						
Тип опорних частин рухомих							
Тип опорних частин нерухомих							
Спосіб спорудження		Кількість рухомих опорних частин					
<input checked="" type="checkbox"/> монолітні	<input checked="" type="checkbox"/> з бетонно-монолітні	<input checked="" type="checkbox"/> з бетон					
Спосіб попереднього обертання конструкції		Кількість нерухомих опорних частин					
<input checked="" type="checkbox"/> діафрагмовані	<input checked="" type="checkbox"/> пілото	<input checked="" type="checkbox"/> поздовжні шпонкани	Довжина прогону (плити), м				
		22,16					
Товщина плити пройдажкої частини, мм від		Висота головної балки (плити) в центрі прогону, м					
200 до 200		1,2					
Товщина одноголової пілоноти, мм від		Висота головної балки (плити) у опорі, м					
90 до 90		1,2					
Кількість головних балок		Кількість поздовжніх балок (плит) у панелі					
Кількість поперечних балок (діафрагм) в прогоні		6					
Дор. на початку шлях. в кінці		Дата обстеження					
Закритий без дрифтування покриття		01.01.2007					
Закритий без дрифтування покриття		Клас бетону					
		Варчевий покажчик pH					
		Додаткове постійне навантаження					
Приемки							
F2 виконати Esc відмінитися F10 довідник							
Довідка по ТП X Вихід (ESC)							

Рис. 4. Форма "Прогонові будови" для моста через р. Південний Буг на автомобільній дорозі міжнародного значення M-12 Стрий-Тернопіль-Кропивницький-Знам'янка (через м. Вінницю) на км 387+421. Виклик Довідки за типовим проектом

За допомогою цього модуля та запропонованої тут методики аналізу типових проектів із використанням оцінки довговічності можливо більш обґрунтоване виявлення типових конструкцій прогонових будов, що вимагають максимальних витрат для відновлення їх працездатності.

Висновки

1. Розглянуто типові проекти прогонових будов автодорожніх мостів, що найбільш часто застосовуються, і виконано порівняльний аналіз особливостей цих проектів із врахуванням впливу на безпеку експлуатації мостів.

Таблиця 3

Розподіл типових проектів за рангом за довговічністю

№	Найменування типового проекту прогонових будов	Середній вік мостів (рік)	Ранг за довговічністю С
1	2	3	4
1	Серія 5-04-145	54,4	7,09
2	ВТП-21	45,8	8,96
3	Випуск 384/43	46,0	8,8
4	ВТП-16	54,4	4,22
5	Випуск 56	57,7	5,96
6	Випуск 122-62	49,4	12,57
7	Випуск 31	57,6	4,41
8	Серія 3.503-14	36,9	11,54
9	Випуск 56-Д	52,0	10,51
10	ВТП-15	51,0	1,29

Додаткові дані про типовий проект

Союздорпроект "Випуск 122-62"

Серія	Випуск 122-62
Найменування	Прогонової будови залізобетонні збірні з натягом арматури до бетонування
Матеріал	Бетон М400
Довжина прогонів	10,12,5,15,20 (м)
Геберні	F7, F8, F10,5
Розрахункове навантаження	H-30, NK-80
Арматура	Гучки 28 проволок діам 5 мм високоміцніого дроту
Проектний інститут	Київський філіал Союздорпроект
Дата випуску	1962
Затверджені	1962
Опис	
Залізобетонні збірні прогонової будови з діафрагмами і з попереднім натягом арматури	
Частини пуків ніжніх робочих арматурних поблизу опор відігнута вторг.	
Зауваження	
Для попереднього натягу відхилено вгору арматури потрібно посилені та ускладнена конструкція упорів.	

Документ, реєстрація

Закрити

Рис. 5. Форма в АЕСУМ "Додаткові дані про типовий проект" прогонової будови моста через р. Південний Буг на автомобільній дорозі M-12 Стрий-Тернопіль-Кропивницький-Знам'янка (через м. Вінницю) на км 387+421

2. Введено поняття рангу типового проекту за довговічністю. Запропоновано формулу для оцінки довговічності прогонових будов типового проекту з використанням цього поняття.

3. Розроблено спеціальний модуль АЕСУМ – база даних типових проектів прогонових будов.

References

- Bodnar, L. P. (2010). AESUM software package. The current state and the concept of further development. Kyiv, Roads and bridges: collection. Science. pr., DerzhdorNDI SE, 12, 31-39.
- Bodnar, L. P. (2015). Analytical expert system for managing bridges of Ukraine / Highways and bridges: scientific and technical journal. Belarus, Minsk, 2, 16, 18-23.
- Bodnar LP, Zavgorodniy SS, Yastrubinetsky VL Analysis of typical projects of the most common reinforced concrete girder structures of bridges on the roads of Ukraine // Roads and bridges. Kyiv, 2020. Issue. 22. pp. 166-176.
- Rules and instructions for the design of reinforced concrete, metal, concrete and stone artificial structures on highways. Dorizdat, 1948.
- Operation and reconstruction of bridges. (Insurance NE and others). Kyiv 2000.
- Technical conditions for designing railway, road and city bridges and pipes. CH 200-62. Transzheldorizdat, 1962.
- Bridges and pipes. Basic design requirements. DBN B.2.3-22: 2009.



© Т. М. Лозова, м. н. с.,
e-mail: tatiana.lv@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-6615-5932;
© О. С. Ярошук, завідувач дорожньої санітарно-екологічної
лабораторії;
e-mail: yos_4444@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-1550-0131
(відділ екології та земляного полотна, ДП "ДерждорНДІ")

© Tetiana Lozova, Junior Researcher,
e-mail: tatiana.lv@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-6615-5932;
© Lesya Yaroshchuk, Head of the Road Sanitary-Ecological
Laboratory,
e-mail: yos_4444@ukr.net,
ORCID: 0000-0003-1550-0131
(Department of Ecology and Earth M.P. Shulgin State Road
Research Institute State Enterprise)

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВИБОРУ ПРІОРИТЕТНИХ ДІЛЯНОК ВЛАШТУВАННЯ БІОПЕРЕХОДІВ ТА ОГОРОДЖЕНЬ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДИКИХ ТВАРИН

WORLD EXPERIENCE OF SELECTION OF PRIORITY AREAS FOR THE EQUIPMENT OF BIO-TRANSITIONS AND FENCES FOR THE PROTECTION OF WILD ANIMALS

Анотація: Проаналізовано досвід методів збору даних для влаштування біопереходів та огорожень для захисту диких тварин. Обґрунтовано необхідність стратегічного прогнозування та планування біопереходів для тварин.

Проблематика. З метою влаштування безперешкодної міграції диких тварин і зменшення їхньої смертності, в багатьох країнах активно застосовують біопереходи. Неправильно спроектовані та встановлені огорождження є причиною їхньої неефективності, в деяких випадках вони є перешкодою розмноженню популяцій та обмеженням місця харчування диких тварин.

Метою роботи є аналіз світового досвіду в підходах вибору ділянок для влаштування біопереходів.

Матеріали і методи. Аналіз інформаційних джерел, зокрема закордонних, щодо підходів і методів вибору ділянок для влаштування інженерних споруд для переходу тварин.

Результати. Проведено аналіз закордонних інформаційних джерел щодо методів моніторингу за шляхами міграції диких тварин для визначення місць влаштування біопереходів.

Висновки. Запропоновано основні підходи моніторингу та збору даних для вибору ділянок для влаштування біопереходів.

Ключові слова: автомобільна дорога, моніторинг тварин, біоперехід.

Аннотация. Проанализирован опыт методов сбора данных для устройства биопереходов и ограждений для защиты диких животных. Обоснована необходимость стратегического прогнозирования и планирования биопереходов для животных.

Проблематика. С целью устройства беспрепятственной миграции диких животных и уменьшения их смертности, во многих странах активно применяют биопереходы. Неправильно спроектированные и установленные ограждения являются причиной их неэффективности, в некоторых случаях они являются препятствием размножению популяций и ограничением места питания диких животных.

Целью работы является анализ мирового опыта в подходах выбора участков для устройства биопереходов.

Материалы и методы. Анализ информационных источников, в том числе иностранных, по подходов и методов выбора участков для устройства инженерных сооружений для перехода животных.

Результаты. Проведен анализ зарубежных информационных источников по методам мониторинга путями миграции диких животных для определения мест установки биопереходов.

Выводы. Предложены основные подходы мониторинга и сбора данных для выбора участков для устройства биопереходов.

Ключевые слова: автомобильная дорога мониторинг животных, биопереход.

Abstract. The experience of data collection methods for the installation of bio-transitions and fences for the protection of wild animals is analyzed. The need of strategic forecasting and planning of bio-transitions for animals is substantiated.

Ukraine has an advantageous territorial location and therefore it is necessary to work on the modernization, expansion and improvement of the entire road network so that there is no threat to the ecological balance. The current state of the transport and road complex of our country requires the use of foreign experience. The decision of site selection for bio-transitions arrangement requires information, experience, appropriate tools and resources to determine the sites that are most suitable for the construction of these facilities.

Issues. In order to facilitate the unimpeded migration of wild animals and reduce their death rate, bio-transitions are actively used in many countries. Improperly designed and installed fences are the reason of their ineffectiveness, in some cases they are an obstacle to the reproduction of populations and a restriction of wildlife feeding.

The purpose of the work is to analyze the world experience of the approaches of site selection for the arrangement of bio-transitions. Materials and methods. Analysis of information sources, in particular foreign ones, on approaches and methods of site selection for arrangement of engineering structures for animal crossing. Results. The analysis of foreign information sources on methods of monitoring the migration routes of wild animals to determine the location for bio-transitions arrangement is carried out. Conclusions. The main approaches to monitoring and data collection for the site selection for bio-transitions arrangement are proposed. Keywords: highway, animal monitoring, bio-transition.

Вступ

Розвиток транспортної мережі надає економічні та соціальні можливості та вигоди, що сприяють трудовій зайнятості, кращим доступам до ринків, додатковим інвестиціям. Однак, неконтрольований розвиток інфраструктури призводить до великих змін у ландшафтах та загрожує зменшенням або зникненню біорізноманіття природних територій. Будівництво дорожньої інфраструктури на територіях дикої природи неминуче розриває складні природні зв'язки, фрагментує середовище проживання тварин та виступає бар'єром для їх руху, що підвищує смертність у результаті зіткнень із транспортними засобами.

Зіткнення диких тварин із транспортними засобами – це зростаюча проблема не тільки охорони та управління навколошнього середовища, а й безпеки дорожнього руху.

Огороження вздовж всієї дороги є недоцільним, зокрема через фінансові обмеження. Створення огорож на певних ділянках доріг може виявиться більш ефективним, ніж огороження всієї дороги.

Місця перетину доріг дикими тваринами концентруються, як правило, на окремих ділянках. Визначення ділянок із найбільшою частотою поперечин дикими тваринами дає змогу визначити пріоритетні ділянки та підвищити ефективність заходів щодо пом'якшення наслідків негативного впливу.

Основна частина

Більшість дослідників сходяться на думці, що найефективнішим та надійним способом зменшення аварійності на дорогах сприяє поєднанням огорож для захисту диких тварин і біопереходів (тунелі, шляхопроводи) [1].

Огорожі та біопереходи повинні розроблятися спільно, з врахуванням цілей, ефективності конструкції, інженерних обмежень, які спричинені рельєфом місцевості, витрат на будівництво, технічного обслуговування, покращення безпеки руху та естетики. Огорожі мають основоположне значення, оскільки без них більшість тварин не будуть використовувати біопереходи. Комбіноване використання цих заходів сприяє не тільки зменшенню смертності на дорогах, але й

зменшує вимирання місцевої популяції через її ізоляцію, оскільки більшість тварин всередині огорож будуть направлені в безпечні переходи, що збільшить з'єднання між територіями, які розділені дорогою [2].

У Китаї дослідження взаємодії доріг і дикої природи з'явилися недавно та слабо розвинені порівняно з країнами Європи та Північною Америкою. [3]. Зазвичай, вибір маршрутів базується на уникненні природних заповідників і територій проживання диких тварин. Наприклад, перед будівництвом швидкісної дороги Simao-Xiaomen-gyang в Сишуанбаньні досліджувались популяції видів, які зникають, щоб допомогти Департаменту транспорту у виборі найкращого можливого маршруту, для уникнення деградації середовища проживання [4].

У Сполучених Штатах Америки використовують накладання двох карт – карти загальнодержавних програм удосконалення транспортних перевезень і карти комплексних планів охорони дикої природи. Це полегшує впровадження та координацію просторово деталізованих планів транспортних перевезень та збереження середовища проживання дикої природи на державному рівні [5].

Протягом минулого століття зміни клімату призвели до зміни ареалу проживання багатьох видів тварин. Врахування умов зміни клімату в системне планування транспортної інфраструктури дуже важливе, оскільки це дозволить видам, яких торкнулися зміни клімату і фрагментація середовища проживання, розширити свій ареал проживання.

Рішення про розміщення біопереходів, вимагає належних інструментів і ресурсів для визначення найбільш відповідних ділянок для їхнього будівництва.

Збір та інтерпретація даних має вирішальне значення для формування нових підходів до безпеки дорожнього руху, управління захисту диких тварин та проектування доріг.

На сьогоднішній день доступно багато ресурсів, які полегшують виявлення зв'язків між місцями проживання і міграції диких тварин.

До основних методів моніторингу за пересуванням диких тварин відносяться:

- визначення кількості наїздів на тварин;
- радіо та супутникова телеметрія;
- обстеження доріг;
- влаштування доріжок вздовж трас;
- камери спостережень;
- спостереження місцевих жителів та громадськості.

Визначення кількості наїздів на тварин

В США та Канаді збором даних про кількість та місця зіткнень тварин з транспортними засобами займаються транспортні агенції, правоохоронні органи та органи управління природними ресурсами.

Недоліком цього методу є непослідовність збору даних, недостатня наповненість та затримки, які можуть спричинити проблеми з їхньою інтерпретацією. Використання більш стандартизованих інструментів та процедур, технологій глобальної системи позиціонування (*Global Positioning System – GPS*), швидшого введення даних, централізованих баз даних та географічних інформаційних систем (ГІС) допомагає вирішенню деяких із цих проблем. Наприклад, використання кишенькових комп'ютерів із вбудованим GPS у польових умовах під час запису даних про аварійну ситуацію або кількість туш, можуть допомогти стандартизувати збір даних. Крім того, вони покращують їх просторову точність і дозволяють завантажувати більш швидку інтеграцію та стандартизований аналіз даних.

Зіткнення диких тварин і транспортних засобів не випадкові, а просторово згруповані. Виявлення територій з найщільнішими скученнями ДТП дозволяє розробити економічно вигідну побудову біопереходу чи огорожі, віддаючи пріоритет ділянкам, на яких це більш необхідно. У багатьох дослідженнях прогнозуються райони з найбільшим показником зіткнень, які групують відповідні ландшафтні та дорожні чинники в багатовимірні моделі [6]. Дані, що використовуються цими моделями, включають антропогенне землеристування, місцевість і середовище проживання диких тварин, інтегральні просторові відносини, такі як тип, форма, розмір або конфігурація кращого середовища існування виду по відношенню до доріг, а також такі дорожні чинники, як інтенсивність руху, дорожній профіль, дорожня видимість і категорія дороги. Найефективніший спосіб передбачити, де відбудеться зіткнення, досягається за допомогою моделювання просторової картини зіткнення дикої природи та транспортного засобу вздовж дороги. Після того, як дані зіткнень будуть зібрані за допомогою обстеження смертності на

дорогах, можна провести просторовий та часовий аналіз та визначити ділянки вздовж дороги, на яких буде найбільш ефективна реалізація заходів пом'якшення наслідків.

Радіо та супутникова телеметрія

Телеметрія зазвичай використовується для опису місць перетину дороги, як правило, шляхом інтенсивного моніторингу руху диких тварин. На сьогодні, точніші дані про перетин отримують з використанням пристрій моніторингу глобальної системи позиціонування (GPS) і супутникової телеметрії (рис. 1).

Шляхом відловлювання та маркування живих тварин та моніторингу їх переміщення за допомогою транслокації чи природних переміщень по дорогах можна визначити щільність поширення та популяцію диких тварин. Цей підхід найчастіше зустрічається для представників фауни меншого розміру, але стає все менш популярним, оскільки розробляються більш неінвазивні методи досліджень.

Через технічні обмеження не завжди вдається виконати оцінку ефективності переходів для дрібних тварин. У тунелі на півночі Франції було виконано дослідження розробки та тестування автоматизованого пристрію, який реєструє детальну поведінку тварин під час використання біопереходів у вигляді тунелів. Цей метод заснований на маркуванні та виявленні осіб за допомогою міток (радіочастотна ідентифікація) і дозволяє відстежувати дрібних тварин. Система надала інформацію про точні траекторії (наприклад, швидкість перетину, розвороти, пройдену відстань в тунелі, частку індивідів, які досягли виходу тощо) для кожного індивіду в умовах переходу тунелю [7].

Обстеження доріг

Для визначення місць перетину тваринами ведуться спостереження за поперечними перерізами, що примикають до дороги або за територіями вздовж дороги. Ці спостереження проводяться за допомогою відео зйомки, яку проводять при повільному русі по краю дороги у районах з регулярним снігопадом.

Влаштування доріжок вздовж трас

Піщані або інші середовища для спостереження, розташовані вздовж ділянок дороги для перевоплення рухів тварин по дорогах (рис. 2) використовують для оцінки кількості переходів тварин до розширення дороги і будівництва біопереходу. Ці дані можуть бути використані для визначення тривалості моніторингу, необхідного для виявлення пропорційної зміни швидкості перетину після будівництва.

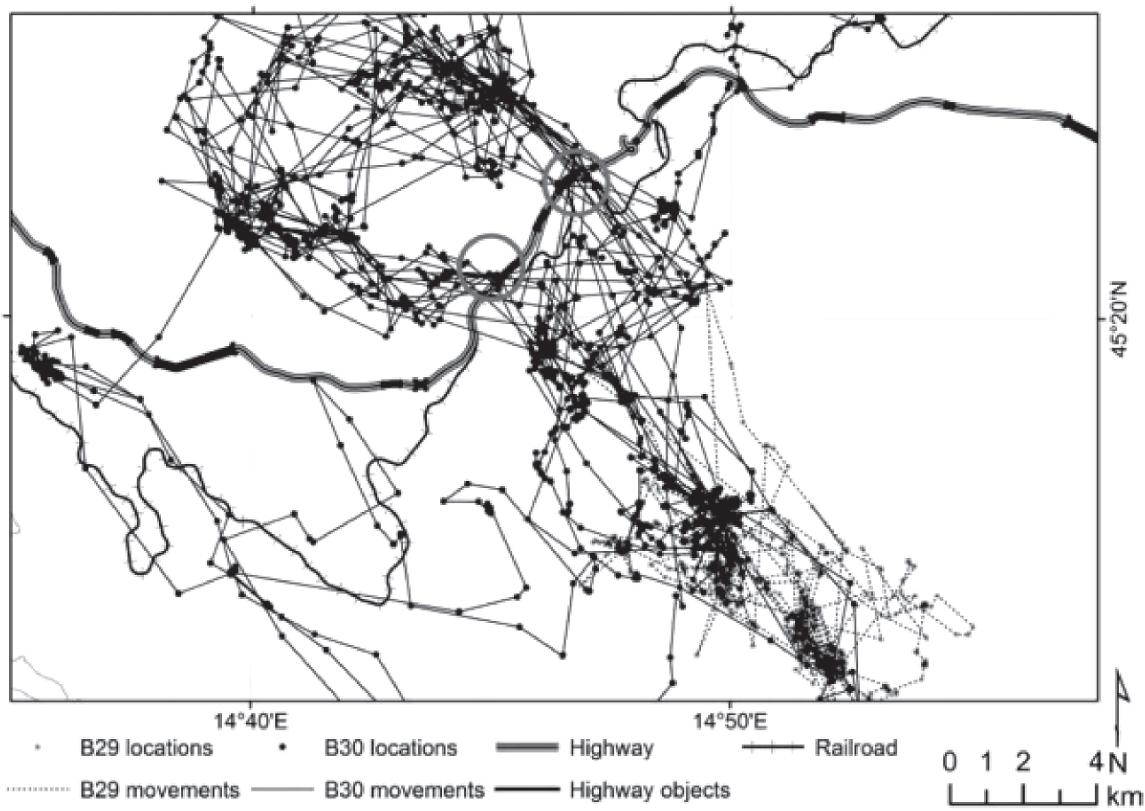


Рис. 1. Дані про переміщення по глобальній системі позиціонування (GPS) самця бурого ведмедя, що перетинає головну автомагістраль з чотирма смугами руху і біопереходи (коло), Хорватія. (джерело D. Huber, Загребський університет)

Камери спостережень

Камери спостережень уздовж доріг мають властиві їм експлуатаційні проблеми і не виявилися надійним методом отримання інформації про те, де тварини насправді перетинають дороги. Ці проблеми пов'язані з обмеженим діапазоном охоплення камерою.

Однак дані камер можуть бути використані для надання інформації про розповсюдження диких тварин, їх розподіл та відносну чисельність, якщо використовувати "камери-пастки".

Участь громадськості

На територіях, де обмежені місця перетину дороги тваринами, при плануванні біопереходів можуть допомогти місцеві жителі. Це заохочує місцеву громаду сприяти створенням місць для переходів диких тварин та брати участь у зборі даних про смертність на дорогах. Громадськість



Рис. 2. Доріжки для спостереження

може використовувати пристрой, спеціально розроблені для фіксації місця зіткнень тварин і транспортних засобів. Наприклад, вантажівки в районі Принс-Джордж (Британська Колумбія), Канада, були обладнані GPS, і кожного разу, коли водій вантажівки бачив лося або оленів (мертвих чи живих), місце та час фіксувались [8]. На сьогодні також можна використовувати мобільні телефони із вбудованим GPS та оснащувати їх програмним забезпеченням для запису та передачі даних про зіткнення тварин і транспортних засобів у режимі реального часу.

Найважливішою частиною вибору ділянок для біопереходів є сумісність прилеглих територій в теперішньому та майбутньому. Біопереходи будуть настільки ж ефективними, як стратегії управління, розроблені навколо них, що включають усі ключові ландшафтні елементи (людину, місцевість, природні ресурси, транспорт). Географічне розташування, особливості дороги та аналіз досліджуваної території є основоположними для ефективного проектування, а кожен випадок потребує конкретного планування ділянки.

Проводяться дослідження та розроблення більш сучасних споруд для міграції диких тварин – «розумних зелених мостів», будівництво яких базується на принципах та технологіях сталого розвитку, значної кількості зелених насаджень, самонаправляючих вертикальних та горизонтальних зрошувальних систем, сонячних панелей, енергоакумулюючих батарей тощо [9].

Та оскільки більшість споруд для перетину будуються із залізобетонних монолітних конструкцій, їх тривалість експлуатації, як і мостових споруд, становить 75-80 років, отже, планування повинно бути виконано на тривалу перспективу та вимагає прогнозування, візуалізації та розуміння способів активної інтеграції проблем охорони навколошнього середовища навколо зростаючої інфраструктури та мінливого ландшафту.

Висновки

Автомобільні дороги дають багато позитивних чинників, але знижують якість середовища проживання диких тварин або повністю його змінюють, зменшують кількість популяцій і порушують їх динаміку, виступають як бар'єр, чим порушують міграцію тварин, а смертність спричинена зіткненнями з транспортними засобами зменшує чисельність особин.

На сьогодні, огороження в поєднанні з біопереходами є найефективнішою мірою пом'якшення наслідків та мають важливе значення для

скорочення числа загиблих тварин на дорогах, особливо великих ссавців.

Після будівництва автомобільних доріг надзвичайно велике значення має застосування моніторингу, оскільки саме цей механізм дає змогу перевірити ефективність заходів, що застосовуються для зменшення впливу інфраструктури на середовища існування тварин [10].

В Україні наразі немає жодного прикладу будівництва справжнього біопереходу, роль таких споруд частково виконують «традиційні» мости, тунелі в горах, різноманітні дренажні об'єкти.

Нині в нашій країні використовується метод визначення кількості наїздів на тварин. Для цього проводять моніторинг ДТП із встановленням ділянок із найбільшою кількістю скосініх ДТП з наїздом на диких тварин, земноводних, рептилій тощо для виявлення місць, де необхідно передусім влаштовувати біопереходи для тварин [11,12].

References

1. Eugene, Obrien, Edgar, van der Grift, Morten, Elmers, Ryan, Wilson-Parr, Ciarán, Carey. (2018). CEDR Contractor Report 2018-3. Call 2013: Roads and Wildlife The Roads and Wildlife Manual.
2. Huijser, Marcel P. McGowen, Patrick, T. (2003). Overview of animal detection and animal warning systems in North America and Europe.
3. Yaping, Kong et al. (2013). Road wildlife ecology research in China / Procedia – Social and Behavioral Sciences 96, 1191 – 1197.
4. Song, F. C., Tian, W. P, Zhao, Q. Q., et al. (2005). Environment Impact and Engineering Measures for the Si-Xiao Expressway Construction in Tropical Rain Forest Area. Journal of China & Foreign Highway, 22, 9, 175-178.
5. P. Huijser, P., Clevenger. (2011). Wildlife Crossing Structure Handbook, Design and Evaluation in North America Technical Report.
6. Marco, Bassani, Jochen, Jaeger. (2018-2019). Prioritizing road sections for wildlife fencing to reduce road mortality, Anno Accademico, 14-15.
7. Guillaume, Testud, Alan, Vergnes, Philippe, Cordier, et al. (2019). Testud et al. Anim Biotelemetry, 2019 7:21. Automatic detection of small PIT-tagged animals using wildlife crossing.
8. Moneo, Shannon. (November 14, 2006). Season begins for B.C.'s bloody road show. Globe and Mail.
9. Jaroslav, Žák, Michal, Kraus, Petra, Machová, Jan, Plachý. (2020). Smart Green Bridge – Wildlife Crossing Bridges of New Generation, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 728, 10-12.
10. Iuell, B., Bekker, G. J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Tørslov, N., Wandal, B. le Maire, (Eds.). (2003). Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions.
11. Yaroshchuk, O. S., Kharytonova, N. M., Lozova, T. M. (2020). Research of the impact of the highway on wildlife safety and ways to solve it. [oslidzhennya vplyvu automobil'noi dorohy na bezpeku dykoyi pryrody ta shlyakhy yiyi vyrishennya]. Roads and bridges, 21, 77-85. [in Ukrainian]
12. Shapovalov, A. L., Bondar, T. V. (2011). Rationale for the organization of biotransitions for animals. [Obgruntuvannya orhanizatsiyi bioperekhodiv dlya tvaryn]. Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University. Kharkiv, 52, 182-185. [in Ukrainian]