

Для індивідуальних передплатників - 74126
Для підприємств і організацій - 40294



ISSN 2311-4061

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ У КРАЇНИ



Науково-практичний журнал

RAILWAY TRANSPORT OF UKRAINE

THE SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

20 років ДНДЦ - НАКТІ
25 років ЗТУ

2/2021

<p><i>The conceptual thrust of scientific and technical publications in this journal is basis on the priorities of the JSC “Ukrzaliznytsia” activity, of the Scientific and Technical Councils of the Company and the branch “SEI” of SC “Ukrzaliznytsia” decisions.</i></p> <p><i>Journal publications main directions:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• rail way transport reform;• transport systems and logistics;• technical politics and scientific and technical support;• train operation and safety;• rolling stock and infrastructural recourses;• railway automatics, communication and informatisation;• resource efficiency and ecology;• railway operation practical experience. <p><i>The journal “Railway transport of Ukraine” is indexed in Ukrainika Naukova, RSCI, Google Scholar.</i></p> <p><i>Responsibility for the accuracy of facts, quotations, proper names and other information is on the authors of publications and advertisers.</i></p>	<p>Journal founder - UKRZALIZNYTSIA Publisher - The Rail Transport Scientific and Engineering Institute branch of SC "Ukrzaliznytsia" (branch "SEI") Published since May 1996</p> <p>Chief Editor Sergey Myamlin Deputy Chief Editor Sergii Gryshchenko Materials reprinting - only with the permission of the journal editorial staff. Materials are printed by the original language: Ukrainian, Russian, and English. Articles are reviewed. The editors not always share the opinion of the author.</p>	<div><div></div><div><h1>«Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» - філія АТ «Укрзалізниця»</h1></div></div> <div><ul style="list-style-type: none">• Наукові дослідження з підтримки і розвитку залізничного транспортного комплексу та його складових• Контроль технічного стану тягового та моторвагонного рухомого складу, пасажирських і вантажних вагонів та іншого спеціального рухомого складу методами неруйнівного контролю• Інспекційний та приймальний контроль продукції, що постачається для потреб АТ «Укрзалізниця»• Атестація зварників на право виконання зварювальних та наплавлювальних робіт при виготовленні, ремонті та модернізаціях металоконструкцій, вузлів та деталей залізничного рухомого складу, виробничого обладнання інфраструктури, а також елементів верхньої будови колії згідно вимог СОУ 35.2-00017584-030-1(2):2009 «Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 1. Сталь. (Частина 2. Чавуни)» та НПАОП 0.00-1.16-96 «Правила атестації зварників»• Атестація підприємств щодо експлуатації, обслуговування, ремонту складових частин, деталей, вузлів рухомого складу• Дослідження життєвих циклів залізничного рухомого складу та розрахунок їх вартості• Послуги з дослідження експлуатаційної надійності залізничної техніки та супроводу її впровадження• Комплексні вимірювання фізичних величин, визначення показників безпеки руху, ходових якостей, комфортності та плавності ходу рухомого складу, його міцності, з визначенням статичних і динамічних напружень• Проведення комплексних інженерних розрахунків з оцінки напружено-деформованого стану металевих конструкцій: статичний та динамічний розрахунок міцності, модальний аналіз власних форм і частот коливань, розрахунок втомної довговічності конструкцій• Проведення трьохвимірних вимірювань великогабаритних конструкцій• Послуги акредитованого Науково-впроваджувального центру філії згідно ДСТУ ISO/IEC 17025• Лабораторні дослідження якості (хімічний склад, структура, властивості) металів і сплавів, деталей, вузлів рухомого складу та елементів інфраструктури• Здійснення випробувань та вимірювань відповідно до галузі акредитації з метою перевірки якості нафтопродуктів, вугілля, вугільних вставок, лакофарбових матеріалів, технологічних вод,, електролітів, піску, чавунів та сталей, промислових стічних вод на відповідність нормативній документації, проведення досліджень складу та властивостей повітря робочої зони, важкості та напруженості праці• Проведення контролю геометрії рухомого складу та його складових частин• Експертиза та розробка нормативно-технічної документації з експлуатації та організації ремонтів тягового та моторвагонного рухомого складу, пасажирських, вантажних та інших вагонів• Експертиза та розробка нормативної, технічної та конструкторсько-технологічної документації для верхньої будови колії, штучних споруд, експлуатації та ремонту колійних машин і механізмів, залізничної автоматики, систем телекомунікації та енергетики• Модернізація та ремонт несучих конструкцій тягового та моторвагонного рухомого складу• Проектування та виготовлення нестандартного обладнання для ремонту рухомого складу• Організація і проведення міжлабораторних порівнянь результатів вимірювань та випробувань• Послуги архіву залізничної нормативно-конструкторської документації• Послуги поліграфічної діяльності</div>
	<div><p>INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL</p><div><p>Vyacheslav Petrenko, director of the branch "SEI" of SC “Ukrzaliznytsia”, Ukraine (chairman of the council)</p><p>Konstantin Bochkov, Dr.Tech.Sc., Belarusian State University Transport, Belarus</p><p>Gintautas Bureika, Dr.Tech.Sc., Vilnius Technical University, Lithuania</p><p>Andrzej Zurkowski, PhD.Tech., Instytut Kolejnictwa, Poland</p></div><div><p>Mykhailo Kelrikh, Dr.Tech.Sc., branch "SEI", SC "Ukrzaliznytsia", Ukraine</p><p>Viktor Leonets, Dr.Tech.Sc., Institute for Problems of Strength of the National Academy of Sciences of Ukraine</p><p>Mykhailo Makarenko, Dr.Ec.Sc., Ukraine</p><p>Sergey Myamlin, Dr.Tech.Sc., SC "Ukrzaliznytsia", Ukraine</p><p>Oleksandr Fedorenko, Director of the Department of State Policy in the field of Rail Transport of the Ministry of Infrastructure of Ukraine</p></div></div> <div><p>EDITORIAL BOARD</p><div><p>Gleb Vatulya, Dr.Tech.Sc., Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine</p><p>Sergii Grishchenko, PhD. Tech., branch "SEI", SC "Ukrzaliznytsia", Ukraine</p><p>Eduard Danilenko, Dr.Tech.Sc., State University of Infrastructure and Technology, Ukraine</p><p>Valery Domanskiy, Dr.Tech.Sc., NTU "Kharkov National University of Municipal Economy", Ukraine</p><p>Yuriy Dyomin, Dr.Tech.Sc, East Ukrainian National University, Ukraine</p><p>István Zobory, Dr.Tech.Sc , Budapest University of Technology and Economics, Hungary</p></div><div><p>Jan Kalivoda, Dr.Tech.Sc., Czech Technical University in Prague, Czech Republic</p><p>Sergii Kara, PhD. Tech., branch "SEI", SC "Ukrzaliznytsia", Ukraine</p><p>Viktor Myronenko, Dr.Tech.Sc , State University of Infrastructure and Technology, Ukraine</p><p>Sergii Myamlin, Dr.Tech.Sc., SC "Ukrzaliznytsia" , Ukraine</p><p>Arthur Putsiata, Dr.Tech.Sc., State Technical University of Gomel, Belarus</p><p>Victor Sychenko, Dr.Tech.Sc., branch "SEI", SC "Ukrzaliznytsia", Ukraine</p><p>Anatoliy Falendish, Dr.Tech.Sc., Pryazovskyi State Technical University, Ukraine</p></div></div>	
	<div><p>International Standard Serial Number ISSN 2311-4061. Indexes in the Catalog of Ukrainian Publications "Press by mail": for individual persons - 74126; for legal persons – 40294. 4 journals per year.</p><p>The address of the editorial office: The "RT SEI" branch of SC "Ukrzaliznytsia", 39, Ivan Fedorova Str., Kyiv, 03038, Ukraine. Tel.: +38 (044) 309-68-93; +38 (044) 465-38-11; факс: +38 (044) 528-93-01. E-mail: ztu1520mm@gmail.com. Web: http://uz.gov.ua/about/activity/science/ndkti_uz/ztu/ Drafting group: Alexander Bocharov, Sergii Gryshchenko, Kateryna Dukhnenko, Alla Myrgorodska,</p></div>	<div><div></div><div><p>Наші контакти: вул.І.Федорова,39, м.Київ,03038,Україна Тел.: 38 (044) 465 38 10 Факс: 38 (044) 528 93 01 E mail: ndkti@lotus.uz.gov.ua www.uz.gov.ua</p></div></div>

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ THE SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL	ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ - № 2 (139), 2021 р. RAILWAY TRANSPORT OF UKRAINE - № 2 (139), 2021 y.
<p data-bbox="151 197 564 427"> Засновник - УКРЗАЛІЗНИЦЯ Видавець - "Науково-дослідний та конструкторсько- технологічний інститут залізничного транспорту" (Філія "НДКТІ" АТ "Укрзалізниця") </p> <p data-bbox="151 434 564 524"> Видається з травня 1996 р. Реєстраційне свідоцтво КВ № 1429 від 10.05.95. </p> <p data-bbox="151 555 564 680"> Головний редактор Мямлін С. В. Заступник головного редактора Грищенко С. Г. </p> <p data-bbox="151 712 564 1509"> Передрук матеріалів - тільки з дозволу редакції журналу. Матеріали друкуються мовою оригіналу: українською, російською, англійською. Статті рецензуються. Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей несуть автори публікацій та рекламодавці. Індеси журналу в Каталозі передплатних видань України: для індивідуальних передплатників - 74126, для підприємств та організацій - 40294. На рік видається 4 номери журналу. Ціна договірна. Формат 60 x 90/8. Папір крейдований. Друк офсетний. Установчий тираж: 200 прим. Журнал надруковано у типографії ПрАТ «Газета «Приазовський робочий», м. Маріуполь, Донецька обл., пр. Мира, 19 </p> <p data-bbox="151 1541 564 1944"> Адреса редакції: Україна, 03038, Київ, вул. Федорова, 39, філія «НДКТІ», редакція ЗТУ. Тел.: +38 (044) 309-68-93; +38 (044) 465-38-11. Факс: +38 (044) 528-93-01. E-mail: ztu1520mm@gmail.com; https://www.uz.gov.ua/about/activit/y/science/ndkti_uz/ztu/. Цифровий ідентифікатор DOI присвоєно виданню реєстраційним агентством Crossref. </p> <p data-bbox="151 1975 564 2065"> Над випуском працювали: Бочаров О. П., Грищенко С. Г., Духненко К. С., Миргородська А. І. </p>	<p data-bbox="863 327 1262 360" style="text-align: center;"> ШАНОВНІ ЧИТАЧІ ЖУРНАЛУ! </p> <p data-bbox="614 405 1501 1021"> Двадцять п'ять років тому, в травні 1996 року, вийшов перший номер науково-практичного журналу «Залізничний транспорт України», який було засновано Державною адміністрацією залізничного транспорту України, як майданчик для обговорення питань стану та інноваційного розвитку вітчизняного залізничного транспортного комплексу, результатів наукових досліджень, конструкторських і технологічних розробок та результатів практичних впроваджень нової техніки. На сторінках журналу виступали керівники галузі, фахівці практично зі всіх наукових центрів України, що займаються проблемами залізничного транспорту, іноземні автори, конструктори та дослідники залізничної техніки. В журналі розглядаються науково-практичні питання економічного розвитку галузі, проектування, модернізації та експлуатації рухомого складу, розвитку інфраструктури залізниць, реформування залізничного транспортного комплексу тощо. </p> <p data-bbox="614 1028 1501 1727"> Видання журналу «Залізничний транспорт України» з 2004 року наказом Міністра транспорту України – Генерального директора Укрзалізниці Кірпи Г.М. було доручено ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» і зараз його продовжує видавати правонаступник цього центру - філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця». Журнал «Залізничний транспорт України» є єдиним галузевим виданням у якому можуть об'єднувати свої зусилля фахівці керівного апарату товариства та різних наукових центрів країни у формуванні напрямків оптимальної технічної політики у залізничному транспортному комплексі України. Вважаємо, що така сумісна діяльність суттєво допомагає будувати якісний перехід до інвестиційно-інноваційної моделі розвитку залізниць України і всього майбутнього транспортно-логістичного холдингу країни, сконцентрувати зусилля на найбільш ефективних напрямках інженерно-технічної діяльності та проектах розвитку галузі. </p> <p data-bbox="614 1733 1501 1845"> Щиро вітаємо читачів журналу «Залізничний транспорт України» з 25-ти річним ювілеєм нашого видання та бажаю Вам подальших успіхів у розбудові залізничного транспорту України. </p> <p data-bbox="1007 1924 1485 2036" style="text-align: right;"> <i>З повагою,</i> <i>Редакційна колегія журналу</i> <i>«Залізничний транспорт України»</i> </p>

Концептуальна спрямованість науково-технічних публікацій у журналі формується на підставі пріоритетів діяльності АТ «Укрзалізниця», рішень Науково-технічних рад Товариства та філії "НДКТІ" АТ "Укрзалізниця". Основні напрямки публікацій журналу, це: реформування залізничного транспорту; транспортні системи і логістика; технічна політика та науково-технічне забезпечення; організація і безпека руху поїздів; рухомий склад та засоби інфраструктури; залізнична автоматика, зв'язок і інформатизація; ресурсозбереження та екологія; практичний досвід експлуатації залізниць тощо. Журнал «Залізничний транспорт України» внесено до Переліку наукових фахових видань України, наказ МОНУ № 975 від 11.07.2019, та включено до української загальнодержавної реферативної бази даних «Україніка наукова», пошукової системи Google Scholar.

Матеріали даного випуску розглянуто та рекомендовано до друку Науково-технічною радою філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця», протокол № 2/21 від 27.05.2021 р.

Використання даних державних статистичних спостережень у наукових статтях без посилання на їх джерело заборонено. При використанні чи передруку матеріалів журналу «Залізничний транспорт України» посилання на видання є обов'язковим.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

БОЧКОВ К.А., докт. техн. наук,
професор Білоруського
державного університету
транспорту (Республіка Білорусь)
БУРЕЙКА Г., докт. техн. наук,
професор Вільнюського
технічного університету ім.
Гедімінаса (Литва)
ЖУРКОВСКИ А., канд. техн. наук,
директор Інституту колійництва
(Польща)

ПЕТРЕНКО В.О., директор
філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця»
(голова ради)
КЕЛЬРИХ М.Б., докт. техн. наук,
професор, науковий радник
директора філії «НДКТІ»
АТ «Укрзалізниця» (Україна)
ЛЕОНЕЦЬ В.А., докт. техн. наук
провідний науковий співробітник
Інституту проблем міцності імені
Г. С. Писаренка НАНУ (Україна)

МАКАРЕНКО М.В., докт. екон. наук,
професор (Україна)
МЯМЛІН С.В., докт. техн. наук,
професор, директор філії «Центр
діагностики залізничної
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця»
(Україна)
ФЕДОРЕНКО О.Г., генеральний
директор Директорату залізничного
транспорту Міністерства
інфраструктури (Україна)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ВАТУЛЯ Г.Л., докт. техн. наук,
професор, проректор з наукової
роботи Українського державного
університету залізничного транспорту
(Україна)
ГРИЩЕНКО С.Г., канд. техн. наук,
доцент, помічник директора філії
«НДКТІ» АТ «Укрзалізниця»
ДАНИЛЕНКО Е.І., докт. техн. наук,
професор, завідувач кафедри
«Залізнична колія та колійне
господарство» Державного
університету інфраструктури та
технологій (Україна)
ДОМАНСЬКИЙ В.Т., докт. техн. наук,
професор кафедри «Електричний
транспорт» Харківського
національного університету міського
господарства ім. О.М. Бекетова
(Україна)

ДЬОМІН Ю.В., докт. техн. наук,
професор кафедри «Залізничний,
автомобільний транспорт та
підйомно-транспортні машини»
Східноукраїнського національного
університету ім. В. Даля (Україна)
ЗОБОРІ Іштван, докт. техн. наук,
професор Будапештського
технологічного та економічного
університету (Угорщина)
КАЛІВОДА Ян, канд. техн. наук,
ас. проф. Чеського технічного
університету в Празі (Чехія)
КАРА С.В., канд. техн. наук, начальник
Управління інжинірингу Науково-
впроваджувального центру філії
«НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» (Україна)
МИРОНЕНКО В.К., докт. техн. наук,
професор, завідувач кафедри
«Управління комерційною діяльністю
залізниць» Державного університету
інфраструктури та технологій
(Україна)

МЯМЛІН С.В., докт. техн. наук,
професор, директор філії «Центр
діагностики залізничної
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця»
ПУТЯТО А.В., докт. техн. наук, доцент,
ректор Гомельського
государственного технического
университета имени П.О. Сухого
(Республіка Білорусь)
СИЧЕНКО В.Г., докт. техн. наук,
професор, заст. начальника
проектно-конструкторського бюро
автоматики, телекомунікації та
енергетики філії «НДКТІ»
АТ «Укрзалізниця» (Україна)
ФАЛЕНДИШ А.П., докт. техн. наук,
професор, завідувач кафедри
«Транспортні технології підприємств»
Приазовського державного
технічного університету (Україна)

ЗМІСТ

Новини АТ «Укрзалізниця»

Самсонкін В.М., Дьомін Р.Ю., Зайцев В.О., Петренко В.О.
20 років галузевому науково-дослідному підрозділу АТ «Укрзалізниця».....5

Мямлін С.В., Грищенко С.Г.
Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» - 25 років з читачами.....16

Моделі та моделювання

Путятю А.В., Шимановский А.О., Ворожун И.А.
Анализ прочности рамы вагона-платформы при перевозке труб большого диаметра18

Радкевич М.М., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Кошель О.О., Кара С.В.
Дослідження залишкового ресурсу рам візків спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів.....24

Інфраструктура

Демченко С.М., Курган А.М., Линник Г.О.
Удосконалення технології укладання безбаластного мостового полотна на залізничних мостах31

Мойсеєнко К. В.
Приведені вертикальні жорсткості колії в межах стрілочних переводів на залізобетонних брусах (прямий напрям), розраховані за даними натурних і лабораторних випробувань38

Транспортні системи та логістика

Ломотько Д. В., Огар О. М., Козодой Д. С., Байдіна К. С., Ломотько М. Д
Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях.....49

Новини АТ «Укрзалізниця»

Новини науково-технічної ради АТ «Укрзалізниця».....63

Реферати64

CONTENTS

News of JSC "Ukrzaliznytsia"

V. Samsonkin, R. Domin, V. Zaitsev, V. Petrenko
20 years of specialized scientific and research unit of SC «Ukrzaliznytsya».....5

S. Myamlin, S. Grishchenko
Research and practice magazine "Railway transport of Ukraine" - 25 years with readers.....16

Models and modelling

A. Putsiata, A. Shimanovsky, I. Varazhun
Analysis of the flatcar frame strength at transportation of large-diameter pipes18

N. Radkevich, V. Petrenko, P. Prokopenko, A. Koshel, S. Kara
Research of residual resource of frames of carts of special rolling stock on the basis of passenger cars.....24

Infrastructure

S. Demchenko, A. Kurgan, H. Lynnyk
Improving the technology of laying a ballast-free bridge deck on railway bridges.31

K. Moyseyenko
The reduced vertical rigidities of the track within the switches on reinforced concrete beams (direct direction), calculated according to field and laboratory tests.....38

Transport systems and logistics

D. Lomotko, A. Ogar, D. Kozodoy, K. Baidina, M. Lomotko
Ecological aspects of the application "green" logistics in multimodal freight transportation.....49

News of JSC "Ukrzaliznytsia"

Scientific and technical council of JSC «Ukrzaliznytsia».....63

Abstracts64

П Р И В І Т А Н Н Я
з нагоди 20-річчя від дня створення наукового підрозділу
«Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України»,
на теперішній час філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний
інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця»

Шановні працівники інституту!

Від імені Правління акціонерного товариства «Українська залізниця» щиро вітаємо всіх працівників філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця» з 20-ю річницею від дня заснування вашого наукового підрозділу!

За відносно короткий в історичному вимірі проміжок часу, спочатку державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», а потім його правонаступник - філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» досягай рівня сучасної наукової і проектної установи, діяльність якої спрямована на виконання вкрай необхідних робіт в інтересах вітчизняного залізничного транспорту.

Сьогодні філія «НДКТІ» є головною організацією АТ «Укрзалізниця» з пріоритетних напрямків науково-технічного забезпечення діяльності товариства, впровадження системних підходів до подовження ресурсу, модернізації, розвитку та утримання рухомого складу і залізничної інфраструктури, спрямованих на забезпечення найбільш оптимальних, безпечних та прибуткових перевезень вантажів і пасажирів в сучасних умовах функціонування залізниць.

Українські залізничники високо цінують ваш вагомий внесок у розвиток залізниць України, підвищення ефективності їх роботи та забезпечення конкурентоспроможності у внутрішніх і міжнародних перевезеннях. Ваші наукові та інженерні досягнення свідчать про високий професіоналізм колективу інституту, ерудицію і відповідальність, його згуртованість та постійну спрямованість на поглиблення наукових досліджень, підвищення якості проектних робіт і швидке впровадження їх результатів на залізницях. Нерозривний зв'язок науки з виробництвом, що демонструє інститут, є запорукою подальшого сталого науково-технічного забезпечення розвитку залізничного транспорту нашої держави.

Бажаємо усім працівникам інституту мира, добра, благополуччя та нових наукових і інженерних досягнень на благо майбутнього нашого Товариства, залізничної галузі та всієї України.

З повагою

В.о. голови Правління
АТ «Укрзалізниця»

Член Правління



Іван Юрик

Франтішек Буреш



20 РОКІВ ГАЛУЗЕВОМУ НАУКОВО-ДОСЛІДНОМУ ПІДРОЗДІЛУ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

З прийняттям у 1991 році Акту про Незалежність України все залізничне майно, включаючи залізниці, що знаходилося в межах кордонів колишньої УРСР, стало власністю України. Але у складі цього майна були відсутні наукові і проєктні установи, що забезпечували науково-технічний супровід сталого утримання та розвиток залізного комплексу СРСР - вони, практично, всі залишилися на території Росії. В Україні були лише декілька їх філій, які займалися тільки окремими вузькими питаннями. Ще були науково-дослідні лабораторії при навчальних залізничних інститутах у Дніпропетровську і Харкові, які залучалися для вирішення окремих вузьких питань залізничного транспорту головними союзними установами. Відсутність у підпорядкуванні створеної у кінці 1991 року Державної адміністрації залізничного транспорту України (Укрзалізниця) відповідних наукових і проєктних установ залізничного профілю істотно стримувало прийняття обґрунтованих рішень щодо напрямків розбудови залізниць України, модернізації і оновлення рухомого складу та технічних засобів залізничної інфраструктури, створення необхідних нормативних документів.

Розуміння необхідності створення в Україні комплексної вітчизняної науково-дослідної установи залізничного профілю сформувалося в Укрзалізниці к 2000 року, з приходом до її керівництва генерального директора Кірпи Г.М.. Найбільш дієвими прихильниками створення такої установи під оперативним керуванням Укрзалізниці були заступники генерального директора Лашко А.Д. і Федюшин Ю.М. та начальник Головного управління технічної політики Державної залізничної адміністрації Зубко А.П.

Значним поштовхом до створення вітчизняного залізничного науково-дослідного центру стало відповідне рішення РНБО України у квітні 2000 року, під час розгляду заходів з покращення діяльності залізничного транспортного комплексу країни. Спираючись на це рішення, в січні 2001 року в Укрзалізниці було створено Управління науково-технічного забезпечення діяльності залізничного транспорту, зі штатом в 5 одиниць, на яке були покладені зобов'язання щодо підготовки та введення в дію наказів, розпоряджень і нормативних документів необхідних для створення та забезпечення працездатності відокремленої наукової установи залізничного спрямування, під оперативним керівництвом Укрзалізниці. Для керування створеним управлінням запросили проректора УкрДАЗТ, доктора технічних наук, професора Самсонкіна В.М.

Через чотири місяці Управлінням науково-технічного забезпечення Укрзалізниці було підготовлено і оформлено сумісний наказ, № 455/276 від 19.07.2001 р., Міністерства транспорту України, за підписом міністра Кірпи Г.М., та Національної академії наук України, за підписом її президента Патона Б.Є., про створення державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» (ДНДЦ УЗ; Центр) зі статусом юридичної особи, під оперативним управлінням Укрзалізниці та у сфері підпорядкування Мінтрансу України. Укрзалізниці доручалося розробити та затвердити статут створеного Центру, призначити директора Центру і укласти з ним контракт, провести державну реєстрацію Центру та передати йому необхідну частку майна Південно-Західної залізниці для формування статутного фонду створеної установи і забезпечення можливостей виконання Центром покладених на нього завдань. Президії НАН України було доручено покласти на Відділення механіки НАН України здійснення науково-методичної допомоги науковій діяльності Центру, організувати участь науково-дослідних інститутів та окремих вчених академії в проведенні спільних досліджень з Центром, опрацювати можливості використання дослідно-виробничої бази НАН України для вирішення проблем залізничного транспорту.

До кінця року всі доручення за сумісним наказом було виконано і 1-го грудня 2001 року наказом Укрзалізниці директором ДП «ДНДЦ УЗ» було призначено д.т.н. Самсонкіна В.М., з одночасним його звільненням з посади начальника Управління науково-технічного забезпечення Укрзалізниці та розформуванням цього управління. З цієї дати ДП «ДНДЦ УЗ» почало працювати як самостійна науково-дослідна установа. Форма її організації була обрана не у вигляді інституту, а як Центр, враховуючи особливості фінансування науки в Україні, а також відсутність початкової матеріальної і експериментальної бази та достатньої кількості наукових кадрів.



Самсонкін В.М. –
директор ДП «ДНДЦ УЗ»
у 2001-13 рр.

Унікальність створення ДП «ДНДЦ УЗ» полягає в тому, що, з одного боку, Центр створений Мінтрансом України, спільно з НАН України, для використання наукового досвіду цієї поважної організації, а з іншого боку – Центр створений як госпрозрахункова організація, яка з самого початку свого існування сама повинна заробляти на своє життя. Це були непрості роки становлення у Києві єдиної, на той час, наукової організації Укрзалізниці.

Найважливішими підсумками роботи ДП «ДНДЦ УЗ» у перші чотири роки свого існування стало формування наукових колективів та наукових напрямків їх діяльності, придбання навичок наукового супроводження залізничних рішень та завдань галузі, отримання робочих приміщень і обладнання їх необхідною оргтехнікою, формування випробувальної лабораторії, участь в міжнародному європейському проєкті. Було визначено чотири основні організаційні напрямки діяльності Центру: координаційний, науковий, експертний та інформаційний. Ці напрямки формувалися виходячи з принципів: не дублювати існуючі наукові школи у Дніпропетровську та Харкові; науково-технічні роботи вести з постійною спрямованістю на їх впровадження у галузі; всебічно залучати науковців в Україні та за кордоном для вирішення завдань Укрзалізниці, з координуванням їх роботи.

Найбільш суттєвими науково-технічними розробками перших років існування ДП «ДНДЦ УЗ» стали науково-технічні напрямки:

- «Сучасні технології та форми організації вантажних та пасажирських перевезень» (керівники д.т.н. Мироненко В.К., к.т.н. Титов М.Ф.);
- «Науково - технічне забезпечення впровадження САІРС-УЗ» (керівники - к.т.н. Шиш В.О., Чікін Ю.М.);
- «Міцність і надійність сталей і сплавів, визначення залишкового ресурсу деталей машин і елементів конструкцій тягового рухомого складу» (керівник - д.т.н. Леоніс В.А.);
- «Інформаційне забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті та підвищення надійності людського фактора» (керівники - д.т.н. Самсонкін В.М., Шалаєва Т.О.);
- «Удосконалення обслуговування рухомого складу» (керівники - к.т.н. Гончаров О.М., Коновалов А.В.);
- «Удосконалення технології пасажирських перевезень» (керівник – Гудков О.М.);
- «Нормування праці на залізничному транспорті» (керівник - Пужановський О.Є.);
- «Методологія бухгалтерського обліку на залізничному транспорті» (керівник - Труханова В.І.);
- «Автоматизована система управління пасажирськими перевезеннями» (керівники - к.ф.-м.н. Флейтман В.Г., Іщенко С.І.).

За цими напрямками були проведені дослідження та розроблені рекомендації і методології з підвищення якості транспортного обслуговування та збільшення прибутковості залізниць; розроблено, виготовлено і розгорнуто впровадження на залізницях України системи автоматизованої ідентифікації рухомого складу (САІРС УЗ) та введено в експлуатацію два міжнародних полігони руху з відповідними пристроями, що стало першим досвідом участі Центру в наукоємних проєктах загальномережевого масштабу; розроблено і виготовлено бортовий вимірювальний комплекс для визначення показників міцності при динамічних випробуваннях несучих конструкцій локомотивів та продовжено термін служби електровозів ВЛ-60в/і, ВЛ-10 і ТЕП-70; створені класифікатори причин і передумов порушень безпеки руху поїздів та розроблено національний стандарт

термінів і визначень в області безпеки руху; розроблено методичне забезпечення проведення психофізіологічного профвідбору персоналу залізниць та встановлено у лікувальних установах Укрзалізниці 65 створених комплексів автоматизованої системи психофізіологічного профвідбору «Допуск»; визначено технічні вимоги до полігону для випробувань залізничної техніки в Україні; розроблено комплекс методичних рекомендацій ведення бухгалтерського обліку для локомотивного, вагонного, колійного, енергетичного господарств та господарства сигналізації і зв'язку тощо.

Вперше було розроблено та введено на всіх залізницях України для управління пасажирськими перевезеннями пусковий комплекс єдиної АСК ПП УЗ, що стало найбільш вагомою розробкою з інформаційних технологій в Укрзалізниці за останні 10 років (керівники - к.ф.-м.н. Флейтман В.Г. і Іщенко С.І.). Розроблено «Інтегровану інформаційно-керуючу систему технологічного управління залізницями України «ТЕМП-УЗ» та «Автоматизовану систему економічної оцінки перевізного процесу залізниць» (керівники - к.т.н. Шиш В.О. і к.т.н. Шеверда О.М.). Створено методику порівняльної оцінки ефективності інноваційних проєктів на базі багатокритеріальних техніко-економічних характеристик (керівник - д.ф.-м.н. Писаренко В.Г.). Виконано ряд інших важливих робіт.

За завданням Укрзалізниці була розроблена низка концептуальних та програмних документів:

- «Концепція розвитку залізничного транспорту України до 2020 року»;
- «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки»;
- «Програма розвитку вітчизняного електровозобудування і виробництва парку магістральних, маневрових тепловозів, моторвагонного рухомого складу до 2020 року»;
- «Концепція використання геоінформаційних систем на залізничному транспорті»;
- «Концепція побудови фінансово-економічної інформаційної системи «ФЕІС».

За п'ять перших років існування ДП «ДНДЦ УЗ» було укладено 234 господарських договори на виконання проєктно-конструкторських, науково-дослідних, дослідно-конструкторських, впроваджувальних робіт та на розроблення залізничної нормативної документації на загальну суму 22,5 млн. грн.

Спільно з Варшавською політехнікою були розроблені теоретичні основи схем колійного розвитку і технології роботи прикордонних станцій зі зміни ширини установки коліс на колісних парах, із застосуванням колієперевідного пристрою SUW-2000-1 по проєкту "INTERGAUGE". Така технологія дозволила зменшити час переходу вагонів поїзда з колії 1435 мм на 1520 мм і зворотньо, прискорити обіг вагонів, підвищити екологічну безпеку перевезення небезпечних вантажів через кордон (керівники - д.т.н. Дьомін Ю.В., к.т.н. Шиш В.О. і Тітов М.Ф.). Це був перший досвід роботи ДП «ДНДЦ УЗ» за програмами ЄС.

Укладено 12 договорів про сумісну науково-технічну діяльність, у тому числі з ведучими представниками вітчизняної галузевої науки: ДНУЗТ, УкрДАЗТ, ВУНУ та зарубіжними установами залізничних досліджень: CNTK (Польща), Heinzman (Німеччина), ВІР (Німеччина), ВНИИАС (Росія), Силезською політехнікою (Польща), Інститутом системотехніки 2-ї Китайської академії наук.



Початковий кадровий состав ДП «ДНДЦ УЗ»

Фахівці ДП «ДНДЦ УЗ» прийняли участь майже у 100 науково-технічних конференціях і семінарах в Україні та за її кордоном. Відвідали випробувальні полігони залізничного транспорту «Siemens», «Щербінка» та «Жмігруд РКР», з метою вивчення іноземного досвіду для організації відповідної експериментально-випробувальної бази в Україні. Спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України була проведена наукова-практична конференція «Академічна наука – залізничному транспорту».

За 4 роки з початку діяльності ДП «ДНДЦ УЗ» його вчені та фахівці опублікували у різних виданнях 108 праць, більшість з яких у загальногалузевому науково-практичному журналі «Залізничний транспорт України», видання якого з 2002 року наказом Міністерства транспорту України було доручено ДП «ДНДЦ УЗ». У січні 2004 року було отримано на баланс Центру 4-х поверхову будівлю в Києві незавантаженого підприємства Укрзалізниці з ремонту залізничних контейнерів, по вул. Івана Федорова, 39, разом з прилеглим цехом, допоміжними будівлями і територією. Створено бібліотечний фонд Центру з 1500 науково-технічних книг, 40 найменувань періодичних видань та 1000 файлів електронних тестів.

В лютому-квітні 2007 року Мінтранс`вязку України та Укрзалізницею були прийняті рішення про надання інвестицій для створення дослідно-випробувальної бази ДП «ДНДЦ УЗ», що дозволило придбати необхідне обладнання і пристрої вимірювань, переобладнати приміщення Центру та створити сучасну лабораторну базу для натурних і лабораторних досліджень показників залізничного рухомого складу, його вузлів та деталей. У лютому 2009 року створена лабораторія була атестована ДП «Укрметртестстандарт» на право проведення вимірювань показників на об'єктах рухомого складу і технічних засобах залізничної інфраструктури.

В Центрі вводяться додаткові напрямки науково-технічних досліджень:

- «Розробка перспектив розвитку залізничного транспорту України, його складових і формування технічної політики галузі» (керівники - д.т.н. Дьомін Ю.В., д.т.н. Панасенко М.В., д.ф.-м.н. Писаренко В.Г., к.т.н. Шиш В.О., к.т.н. Грищенко С.Г., к.т.н. Яновський П.А., к.т.н. Гончаров О.М., к.т.н. Крат С.П.);
- «Нові технології та форми організації вантажних та пасажирських перевезень» (керівники - д.т.н. Мироненко В.К., д.т.н. Дьомін Ю.В., к.т.н. Шиш В.О., к.т.н. Титов Н.Ф., к.е.н. Христофор О.В.);
- «Визначення залишкового ресурсу елементів конструкцій рухомого складу» (керівники - д.т.н. Леонец В.А., к.т.н. Дьомін Р.Ю.);
- «Дослідження санітарно-гігієнічних, екологічних та протипожежних характеристик тягового рухомого складу» (керівник - к.т.н. Грищенко С.Г.);
- «Математичне моделювання динаміки рухомого складу в умовах експлуатації» (керівники - д.т.н. Дьомін Ю.В., к.т.н. Черняк Г.Ю.);
- «Дослідження надійності, якості, безпеки експлуатації колії, колійних споруд і пристроїв» (керівник - д.т.н. Даниленко Е.І.).

За цими напрямками у другому п'ятилітті діяльності ДП «ДНДЦ УЗ» були розроблені «Генеральні схеми розвитку залізниць України» до 2015-го та до 2020-го років, на базі яких розроблялися перспективні напрямки розвитку окремих господарств Укрзалізниці, схема поділу вантажних і пасажирських ходів, програма впровадження залізничного швидкісного руху в Україні. Були визначені та затверджені технічні вимоги до полігону для випробувань залізничної техніки, з визначенням його місцезнаходження та техніко-економічним обґрунтуванням діяльності. Розроблено «Комплексну програму оновлення залізничного рухомого складу України до 2020 року», яка стала основою для формування інвестиційних пропозицій при закупівлі Укрзалізницею нового рухомого складу у ці роки. Створено «Концепцію використання геоінформаційних систем (ГІС) на залізничному транспорті». Розроблено та прийнято до впровадження методологію проведення маркетингових досліджень з метою поліпшення якості транспортного обслуговування і збільшення прибутковості залізниць України.

Враховуючі сучасні тенденції розвитку інтегрованості в Європі, було розроблено проект «Комплексної програм розвитку комбінованих (контрейлерних) перевезень» та «Концепцію комплексного розвитку міських, приміських, регіональних і міжрегіональних пасажирських перевезень», яка знайшла застосування при організації роботи «Міської електрички» в Києві і підготов-

ці до введення в Україні швидкісних пасажирських перевезень (до 160 км/ч) у 2012 році. Оптимізовано наявні схеми руху пасажирських поїздів в залежності від потреб в них і кількості пасажирів що перевозяться. Розроблено класифікацію пасажирських перевезень залізничним транспортом України та обґрунтовано доцільність створення компанії по швидкісним пасажирським перевезенням.

На базі придбаних Центром сертифікованих програмних комплексів «Универсальный механизм», «COSMOSWorks», «LabView», «Ansys», «SolidWorks» були розроблені математичні моделі оперативного розслідування сходжень з рейок вантажних вагонів у складі поїзду та оцінки експлуатаційної навантаженості і прогнозової довговічності несучих конструкцій екіпажних частин залізничного тягового рухомого складу. Розроблено новий розрахунково-експериментальний метод оцінки динамічних якостей рухомого складу, отримані залежності показників напружено-деформованого стану несучих елементів екіпажних частин рухомого складу від їх динамічного навантаження. Уточнена прогнозна оцінка допустимих термінів у експлуатації залізничного рухомого складу шляхом об'єднання динамічного моделювання його руху, розрахунку довговічності екіпажу та технічної діагностики стану несучих конструкцій. На підставі отриманих наукових результатів забезпечено більш достовірне визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій рухомого складу і строків його безпечної експлуатації після термінів служби призначених його виробниками. Запропоновані нові технічні рішення з модернізації рам візків для електровозів серії ЧС2 та інших типів, введені у вигляді позачергових регламентів їх обслуговування. Визначено залишковий ресурс несучих конструкцій електровозів ВЛ 80, ЧС2, електропоїзду ЕР2Р, тепловозів ЧМЕ3, М62, ТЕМ2, серії ТГМ, візків типів КВ3 ЦНИИ-М та КВ3 ЦНИИ-1.

Розгорнуті дослідження впливу динамічних навантажень на стійкість, міцність і терміни служби елементів верхньої будови залізничної колії та запропоновані рекомендації з підвищення їх працездатності. Науково обґрунтовано можливість впровадження нової рейко-шпальної решітки колії на залізобетонних шпалах у кількості 1680 шп./км замість 1840 шп./км та рейок UIC60 замість Р65. Оптимізовані показники утримання колії і стрілочних переводів для організації швидкісного руху поїздів в умовах залізниць України.

Виконані теоретичні дослідження управління безпекою руху поїздів за використанням «Методів статистичної закономірності», на підставі яких були розроблені і затверджені класифікатори причин і передумови порушень безпеки руху поїздів на залізницях. Розроблено Національний стандарт термінів і визначень з безпеки руху поїздів. Створено методичне забезпечення проведення психофізіологічного профвідбору та супроводження діяльності локомотивних бригад, провідників і білетних касирів приміського руху та диспетчерського персоналу залізниць. У локомотивних депо Укрзалізниці впроваджено систему психологічного супроводу діяльності локомотивних бригад. Відпрацьовано методологію оцінки відповідності санітарно-гігієнічних, екологічних та протипожежних показників тягового рухомого складу після його капітального ремонту та виконано відповідні дослідження у кабінах управління тепловозів М62 і 2ТЕ116, електровозів серій ЧС2, ВЛ8 і ВЛ11, електропоїздів ЕР2Т і ЕПЛ2Т, дизель-поїздів Д1 і ДР1, з наданням по результатам випробувань рекомендацій щодо покращення показників, що досліджувалися.

Починаючи з 2008 року в ДП «ДНДЦ УЗ» виконуються аналітичні дослідження сучасного науково-технічного рівня залізничного рухомого складу в світі і за їх результатами розробляються технічні вимоги і технічні завдання до нового і модернізованого рухомого складу всіх типів для потреб залізниць України. Так, за технічними вимогами розробленими Центром були створені технічні завдання на розробку та виготовлення компаніями HYUNDAI-ROTEM Company і ŠKODA VAGONKA a.s. міжрегіональних швидкісних електропоїздів HRCS2 та EJ675 для постачання на замовлення Укрзалізниці. Розроблені технічні вимоги на модернізацію електровозів серії ДС3, з підвищенням їх працездатності і потужності до 5600 кВт. Запропоновані технічні рішення з комплексної модернізації електровозів ЧС2, тепловозів ЧМЕ3 і М62, дизель-поїздів ДР1А та інших видів рухомого складу, з метою підвищення ефективності їх експлуатації.

У цей же час було виконано низку техніко-економічних досліджень, на підставі яких обґрунтовано використання дворівневих вагонів для пасажирських перевезень в межах України, визначено ефективність впровадження Укрзалізницею швидкісних міжрегіональних електропоїздів з розподіленою тягою різних виробників та створення спеціалізованої «Української залізничної

швидкісної компанії». Вперше в галузі, разом з вченими УкрДАЗТ, проведені дослідження та визначено порівнянні вартості життєвих циклів локомотивів і моторвагонного рухомого складу що експлуатується та нового чи модернізованого і запропоновано спиратися на цю вартість при техніко-економічній оцінці інвестиційних проєктів що пропонуються для оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці.

З розвитком своєї дослідно-випробувальної бази та підвищення кваліфікації персоналу ДП «ДНДЦ УЗ» став спроможним проводити комплексні приймальні випробування нового та модернізованого залізничного рухомого складу. У 2010-2012 роках Центром на замовлення підприємства PESA Bydgoszcz S.A. (Польща) було підготовлено технічне завдання на розроблення і виготовлення двовагонного дизельного поїзда серії 630М для постачання Укрзалізниці та проведені комплексні приймальні випробування дослідного зразка поїзду. Виконання цієї роботи надало великий досвід фахівцям Центру щодо проведення подібних робіт у майбутньому.

В квітні 2011 року ДП «ДНДЦ УЗ» отримано свідоцтво Дирекції з залізничного транспорту країн СНД на право проведення Центром робіт з технічного діагностування вантажних вагонів з метою подовження їх терміну служби і випробувальну лабораторію було перетворено у «Центр технічного аудиту Укрзалізниці» (ЦТА), у складі Центру. У липні цього ж року наказом Укрзалізниці всі її приймальники залізничної продукції що постачається для рухомого складу та технічних засобів інфраструктури були переведені до ДП «ДНДЦ УЗ» - у штат створеного ЦТА, який почав працювати з підприємствами за прямими договорами обслуговування. З листопада 2013 року директором ДП «ДНДЦ УЗ» призначено к.т.н. Дьоміна Р.Ю., який працював на цій посаді до квітня 2014 року, до його призначення директором з технічної політики Укрзалізниці.

У 2012-2014 роках ДП «ДНДЦ УЗ» провів великий обсяг науково-дослідних робіт з досліджень причин експлуатаційних відмов електропоїздів HRCS2 і експертиз конструктивних рішень виробника з їх модернізації. Проведені дослідження експлуатаційної надійності швидкісних електропоїздів ЕКр-1, виробництва ПАТ «КВБЗ» (Україна). Розроблено інноваційну проєктну пропозицію на три роки зі створення автоматизованої системи контролю роботи струмоприймачів швидкісного рухомого складу та стану контактної мережі дільниць його обертання на залізницях України і виконано її науково-дослідну частину.

Розроблено збалансовану комплексну систему показників для визначення ефективності роботи залізничного транспорту України, уточнено класифікацію пасажирських поїздів, створено методику розрахунку економічно обґрунтованих тарифів на перевезення пасажирів поїздами та концепцію організації пасажирських перевезень з використанням хабової моделі організації руху поїздів. Визначено практичні економіко-правові варіанти розбудови залізничної інфраструктури на основі державно-приватного партнерства. Видано та введено у дію галузевий нормативний документ з оцінки вартості життєвих циклів нових та модернізованих локомотивів.

У грудні 2007 року на базі ДП «ДНДЦ УЗ», як наукової організації, наказами Міністерства освіти і науки було відкрито аспірантуру для підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації без відриву від виробництва, за спеціальностями: 05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів та 05.01.04 - Ергономіка (технічні науки). У 2009-2015 роках при ДП «ДНДЦ УЗ» працювала спеціалізована вчена рада К 26.885.01, яку було створено наказом МОНмолодьспорт України від «15» жовтня 2009 № 634, по захисту дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 — Рухомий склад залізниць та тяга поїздів. За час існування на базі Центру спеціалізованої вченої ради науковий ступень та диплом кандидата технічних наук отримали 15 здобувачів, які в більшості працюють в залізничній галузі. В березні 2012 року ДП «ДНДЦ УЗ» було атестовано Мінтрансв'язку України і внесено до державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави при виконанні науково-дослідних робіт.



*Дьомін Р. Ю.
директор ДП «ДНДЦ УЗ»
у 2013-14 рр.*

Координація наукової діяльності за інтересами залізничної галузі здійснювалася ДП «ДНДЦ УЗ» шляхом виконання спільних наукових розробок, підготовки сумісних публікацій, проведення конференцій, семінарів та нарад з провідними науковими організаціями та учбовими закладами України і зарубіжжя. Це, перш за все, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, Українська державна академія залізничного транспорту, Державний університет інфраструктури транспорту, Інститут електрозварювання ім. Патона та Інститут міцності НАН України та інші. Науковцями та співробітниками Центру опубліковано більше 600 робіт, серед яких є монографії, підручники і навчальні посібники, патенти на винаходи і державні стандарти.

З метою реалізації в управлінні залізничним транспортом України кращих світових надбань і забезпечення більш ефективного розвитку цього транспортного комплексу та на виконання вимог Закону України «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування», Постанови Кабінету Міністрів України «Про утворення публічного акціонерного товариства «Українська залізниця» та наказу Укрзалізниці № 386-Ц/од від 10 липня 2014 року на базі існуючих підприємств залізничної галузі було створено ПАТ «Укрзалізниця». Рішенням правління створеного Товариства від 21.10.2015 року створюється філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця» (далі - філія «НДКТІ»; Інститут), до складу якої вводяться ДП «ДНДЦ УЗ», два проєктно-конструкторських та технологічних бюро: рухомого складу (ДП «ПКТБ ЦВ УЗ») і по ремонту локомотивів (ДП «ПКТБрл УЗ»), а також науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства (ДП «НКТБ ЦП УЗ»). На посаду директора філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» призначається досвідчений керівник залізничної галузі, к.т.н. Зайцев В.О.



*Зайцев В.О.
директор філії «НДКТІ»
АТ «Укрзалізниця»
у 2015-20 рр.*

На перших засіданнях керівництва філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» були визначені основні напрямки її розвитку та розставлені пріоритетні задачі, узгоджені з керівництвом Товариства. Однією з таких задач було спрямування роботи філії «НДКТІ» на виконання залізничною галуззю вимог прийнятих урядом країни Технічних регламентів для галузі залізничного транспорту («Технічний регламент безпеки інфраструктури залізничного транспорту» та «Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту», затверджені Постановами Кабінету Міністрів України № 494 від 11.07.2013 і № 1194 від 30.12.2015).

Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність» з 1 січня 2016 року було скасовано атестацію вимірювальних лабораторій ДП «Укрметртестстандарт» і за вимогами Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» та введених Технічних регламентів залізничного транспорту організації, що проводять оцінку відповідності продукції (у т.ч. випробування та вимірювання) повинні бути акредитовані Національним агентством акредитації України (НААУ) на право виконання таких робіт. У зв'язку з цим, у вересні 2016 року на базі відділень інжинірингу, надійності, матеріалознавства та управління якістю філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» було створено об'єднуючий їх структурний підрозділ філії - Науково-впроваджувальний центр (НВЦ), з метою підвищення якості проведення випробувань та вимірювань об'єктів рухомого складу і елементів інфраструктури залізничного транспорту, проведення відповідних науково-дослідних робіт та спрощення виконання акредитації лабораторії Інституту в НААУ на відповідність вимогам національного стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».

За час підготовки і проходження етапів акредитації НВЦ персоналом центра було розроблено та впроваджено внутрішню систему управління якістю, актуалізовано нормативну базу що використовується в роботі, виконане калібрування в ДП «Укрметртестстандарт» вимірювального і випробувального обладнання центра. Проведено навчання та атестацію персоналу НВЦ у відповідних сертифікованих центрах і отримані відповідні кваліфікаційні посвідчення. Центр також взяв участь у міжлабораторних порівняльних випробуваннях з акредитованими (атестованими)

лабораторіями України, які підтвердили здатність центру якісно виконувати, в межах своєї компетенції, випробування та вимірювання згідно заявленої сфери акредитації, з отриманням достовірних результатів. Для постійного удосконалення робіт з випробувань і вимірювань впроваджено систему внутрішніх аудитів, удосконалено систему обліку за показниками якості та виконаними обсягами вимірювань, що спрямовано на неупередженість і незалежність результатів виконаних випробувань та вимірювань та забезпечення повного виконання вимог замовника на випробування, в рамках діючих нормативних документів. За оцінкою виконаних підготовчих робіт, НВЦ філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» отримав атестат акредитації № 2Т1454 від 15 лютого 2018 року, яким НААУ засвідчило компетентність НВЦ відповідно вимог ДСТУ ISO/IEC 17025 у сфері проведення випробувань рухомого, спеціального рухомого складу рейкового транспорту (у т.ч. відомчого та міського), їх вузлів і деталей, елементів інфраструктури залізничного транспорту за методами:

- ходові динамічні випробування, ходові міцнісні випробування, випробування на плавність руху, випробування на співудар, ресурсні випробування, оцінка опору втоми та довговічності, статичні випробування на міцність, поколісне зважування рухомого складу, експлуатаційні випробування;
- неруйнівний контроль (візуальний метод, капілярний метод, магнітопорошковий метод, ультразвуковий метод, вихрострумовий метод), вимірювання товщини металу ультразвуковим методом;
- вимірювання геометричних розмірів, мікротвердості, різьби, визначення маси, шорсткості поверхонь, твердості, неметалевих включень, мікроструктури, глибини знеуглецьованого шару металу, хімічного складу, випробування на розтяг, ударний вигин, статичний вигин, неруйнівна металографія.

Акредитація НВЦ філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» в подальшому дала змогу отримати свідоцтва Дирекції Ради по залізничному транспорту держав-учасників Співдружності (країни СНД, Грузія, Латвія, Литва, Естонія) на право проведення робіт з технічного діагностування залізничного рухомого складу, з метою продовження термінів служби вантажних і пасажирських вагонів та локомотивів. На даний час, філія «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» (з грудня 2018 року ПАТ перейменовано у АТ) єдина в Україні організація, яка володіє повним пакетом дозвільних документів на продовження строку служби залізничного рухомого складу. Крім цього, НВЦ філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» визнаний на міждержавному рівні як випробувальний центр, який може проводити випробування рухомого складу у всіх державах-учасниках Співдружності, що підтверджено окремим Свідоцтвом.



У 2020 році до НВЦ філії «НДКТІ» приєднано Головну хіміко-технічну та екологічну лабораторію (ГХТЛ) регіональної філії «Південно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця». З початку 2020 року НВЦ інституту перейшов на роботу за новим сучасним стандартом для випробувальних лабораторій ДСТУ EN/ISO17025:2017 і підтвердив свою компетентність в НААУ, шляхом

чергової перевірки, і з 09.06.2020 НВЦ філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» визнано атестованим на право проведення гігієнічних досліджень факторів виробничого середовища і трудового процесу, а саме: вимірювань показників мікроклімату, освітленості, шуму, вібрації, атмосферного тиску, важкості та напруженості праці. НВЦ внесено до інформаційного переліку лабораторій країни, що знаходиться на офіційному сайті Державної служби України з питань праці, за посиланням <http://dsp.gov.ua/informatsiia-pro-atestovani-laboratorii>, що дозволяє НВЦ інституту виконувати роботи з атестації робочих місць на підприємствах залізничного транспорту і на рухомому складі.

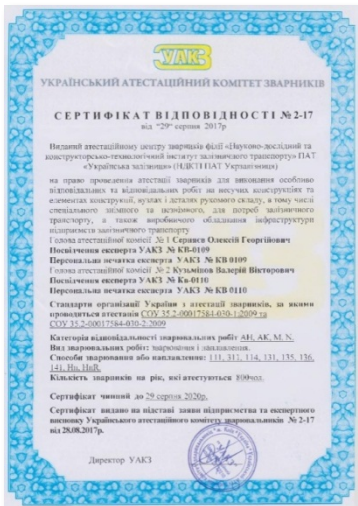
Аналогічно пройдену шляху з НВЦ у 2016 році в філії «НДКТІ» на базі її науково-дослідного відділу рухомого складу було створено Інспекційний орган з оцінки відповідності підприємств щодо експлуатації, обслуговування та ремонту залізничного рухомого складу, його складових частин, вузлів, агрегатів та деталей. Для забезпечення вимог законодавства України у сфері технічного регулювання, Інспекційний орган філії «НДКТІ» з 05.09.2016 по 10.07.2018 пройшов процедуру акредитації в НААУ та отримав атестат акредитації на відповідність вимогам ДСТУ ISO/IEC 17020:2014 «Оцінка відповідності. Вимоги до роботи різних типів органів з інспектування», чим засвідчив свою компетентність у сфері проведення оцінки відповідності підприємств щодо експлуатації, обслуговування, ремонту та виробництва залізничного рухомого складу і його складових.

На даний час здійснено розширення сфери акредитації Інспекційного органу на нові напрямки діяльності з проведення оцінки відповідності, а саме: інспектування підприємств або їх підрозділів щодо експлуатації, обслуговування, ремонту, будівництва та процесів виробництва елементів залізничної інфраструктури, що відносяться до господарств колії, електропостачання, сигналізації, централізованого блокування, зв'язку і телекомунікацій.

З початку свого існування філія «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» займалася дослідженнями щодо можливостей підвищення якості зварювальних робіт що виконуються на підприємствах залізничної галузі та їх впливом на надійність рухомого складу, для чого у структурі філії було створено відділ зварювання і ремонту. У 2017 році філія «НДКТІ» встановленим порядком пройшла експертизу та отримала її позитивні висновки і сертифікати відповідності від Українського атестаційного комітету зварників (УАКЗ) на право виконання атестації зварників, згідно з галузевим стандартом СОУ 35.2-00017584-030-1(2):2009 та державним нормативом - ДНАОП 0.00-1.16-96.

Враховуючи стан справ з кваліфікацією зварників на залізничних підприємствах Комітет з реформування АТ «Укрзалізниця» у листопаді 2018 року прийняв рішення щодо проведення навчання зварників та створення в структурі філії «НДКТІ» «Кваліфікаційно-атестаційного центру зварників» (КАЦЗ). За час що пройшов, у КАЦЗ атестовано більше 3000 зварників АТ «Укрзалізниця» та сторонніх організацій залізничного транспорту. Зараз цей працюючий підрозділ планується передати до філії «Експертно-технічний центр» АТ «Укрзалізниця».

У 2019 році філія «НДКТІ» за дорученням АТ «Укрзалізниця» освоїла новий напрямок діяльності – атестацію лабораторій з неруйнівного контролю залізничних підприємств. Роботи виконуються відповідно до існуючого нормативного документу «Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения» ПР НК В.1, який затверджено Радою по залізничному транспорту держав-учасниць Співдружності. Атестацію лабораторій виконують фахівці з неруйнівного контролю філії «НДКТІ», які сертифіковані на II рівень кваліфікації на VT, MT, PT, ET та UT методи. Для повного виконання умов нормативного



документу ПР НК В.1 2 два фахівця Інституту пройшли додаткові навчання з неруйнівного контролю на III рівень кваліфікації (найвищий) згідно з вимогами ДСТУ EN ISO 9712.

У 2020 році, в додаток до існуючих трьох проектних структурних підрозділів, у складі філії «НДКТІ» створено новий структурний підрозділ – Проектно-конструкторське та технологічне бюро автоматики, зв'язку та енергетики (СП «ПКТБ АТЕ»), основною задачею якого є науково-технічне супроводження діяльності Департаментів АТ «Укрзалізниця» електрифікації та електропостачання (ЦЕ) і автоматики та телекомунікацій (ЦШ), також розробка відповідної технічної документації.

За час існування філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» було збережено основні напрямки діяльності ДП «ДНДЦ УЗ» та галузевих проектно-конструкторських бюро що увійшли до складу філії і сформовані нові напрямки науково-технічної діяльності інституту: технічне діагностування пасажирських вагонів для продовження їх строку служби; оцінка відповідності діючим нормативам виробництв залізничних ремонтних підприємств; лабораторні дослідження з визначення показників якості нафтопродуктів, вугілля, вугільних вставок, лакофарбових матеріалів, технологічних вод, електролітів, піску, чавунів, сталей та промислових стічних вод, у відповідності з встановленою акредитацією; визначення санітарно-гігієнічних показників та важкості і напруженості праці залізничників; перевірка і атестація на відповідність міждержавним Правилам галузевих лабораторій з неруйнівного контролю; атестація зварників залізничних та інших підприємств; науково-технічний супровід та розробка нормативно-технічної документації для Департаментів ЦЕ і ЦШ АТ «Укрзалізниця».

За останні п'ять років, з 2016 по 2020 рік, філія «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» зросла у кваліфіковану, поважну в залізничній галузі України та за її межами науково-технічну установу і виконала значний обсяг робіт, основні з яких:

- технічне діагностування, з метою продовження строку служби, 25 тис. вантажних вагонів, 860 локомотивів, 740 вагонів моторвагонного рухомого складу, 2000 пасажирських вагонів, 130 одиниць спеціального рухомого складу;
- виконано 180 дослідно-конструкторських робіт і більше 100 науково-дослідних робіт за планами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт АТ «Укрзалізниця» та Інституту;
- створено більше 300 нормативних документів (СТП, ДСТУ тощо);
- розроблено та впроваджено 86 індивідуальних проектів відновлення несучих конструкцій локомотивів та вагонів;
- проведено оцінку відповідності діючим нормативам виробництва 75 залізничних підприємств;
- атестовано більше 3000 зварників галузі та за її межами.

Серед найбільш значущих науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, виконаних за останній період є:

- дослідження причин руйнування та впровадження у виробництво модернізації хребтової балки вагона-зерновоза моделі 19-752;
- комплекс робіт з дослідження ресурсу візків та кузовів вантажних вагонів;
- комплекс робіт з дослідження несучих конструкцій тепловозів серій ЧМЕЗ, 2ТЕ116, 2ТЕ10 з метою забезпечення їх подальшої безпечної експлуатації;
- дослідження причин руйнування та розробка проекту модернізації рам візків тепловозів серії ТЕП70;
- комплекс робіт з дослідження несучих конструкцій електровозів серій ЧС7, ЧС8, ВЛ11, ВЛ60 в/і, ВЛ80 в/і, ВЛ82М з метою забезпечення подальшої їх безпечної експлуатації та розробки проектів модернізації цих локомотивів;
- відновлення та модернізація несучих конструкцій електровозу ВЛ82М-067;
- комплекс робіт з дослідження несучих конструкцій електропоїздів серій ЕР, ЕПЛ, дизель-поїздів серій ДПЛ1, ДТЛ1 з метою їх модернізації та забезпечення подальшої безпечної експлуатації;
- визначення динамічних показників та показників плавності руху швидкісного міжрегіонального електропоїзда ЕКр1;

- дослідження несучих конструкцій візків і кузовів пасажирських вагонів та спеціальних вагонів на базі пасажирських, з метою забезпечення їх подальшої безпечної експлуатації;
- комплекс робіт з дослідження ресурсу несучих конструкцій спеціального рухомого складу, а саме самохідних та несамохідних кранів на залізничному ходу, автомотрис, автодрезин та мотовозів;
- дослідження та відновлення автомотриси АДМ-488;
- розробка та впровадження проекту переобладнання вагонів для перевезення військових варт;
- комплекс досліджень елементів рухомого складу після транспортних подій (аварій, пожеж, зламів несучих конструкцій та осей, сходів з рейок) з метою визначення причин їх виникнення та оцінки можливості подальшої експлуатації рухомого складу чи його відновлення;
- розробка проєктів модернізації тепловозів 2ТЕ116 та електропоїздів ЕПЛ2Т і ЕПЛ9Т;
- дослідження та розробка пропозицій спрямованих на збільшення міжремонтних періодів експлуатації рухомого складу;
- розробка комплексу проєктів модернізацій рухомого складу різних типів приладами безпеки, контролю, захисту від крадіжок тощо.

При виконанні дослідно-конструкторських робіт фахівцями Інституту проводилося патентування створених конструкторських рішень, які мають новизну. У 2019 році філією «НДКТІ» були запатентовані «Спосіб підвищення конструкційної міцності рами візка локомотива», який полягає у відновленні несучої здатності шворневих брусів візків електровозів ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80, ВЛ82 (патент № 135499) та «Спосіб підвищення конструкційної міцності хребтової балки вантажного вагона», який полягає у модернізації несучої рами вагонів-зерновозів моделі 19-752 (патент № 135500), які впроваджені у виробництво на АТ «Укрзалізниця».



*Петренко В. О. –
директор філії «НДКТІ»
АТ «Укрзалізниця»
з 2021 р.*

Економічний ефект для АТ «Укрзалізниця» від діяльності філії «НДКТІ» важко переоцінити. Як приклад можна привести роботи з продовження призначених ресурсів залізничного рухомого складу та розробки проєктів модернізації несучих конструкцій локомотивів, які вичерпали свій назначений термін служби. Фахівці філії «НДКТІ» не тільки на початкових стадіях виявляють дефекти несучих конструкцій, але відразу ж готують індивідуальні проєкти щодо їх відновлення, з відповідними інженерними розрахунками. Таким чином, забезпечується подальша безпечна експлуатація цього рухомого складу та економляться значні кошти на його закупівлю для забезпечення перевезень.

На даний час в філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» працює близько 300 фахівців з вищою освітою, з яких 5 докторів наук, 12 кандидатів наук та 7 аспірантів. В філії «НДКТІ» існує Науково-технічна рада, до якої входять вчені, як інституту, так інші науковці залізничного транспорту країни. Видається галузевий науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України», у якому за останні 5 років фахівці інституту опублікували 80 статей. В травні поточного року директором філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» призначено Петренко В.О., який до цього працював заступником директора інституту з наукової роботи.

Сьогодні філія «НДКТІ» – це сучасне потужне науково-технічне підприємство, діяльність якого сконцентрована на теоретичних та експериментальних дослідженнях наявного та інноваційного рухомого складу, модернізації та оновленні локомотивів і вагонів, виконанні науково-технічного супроводження експлуатації рухомого складу, продовження його строку служби, розвитку і модернізації технічних засобів інфраструктури, імплементації європейських норм і стандартів на залізничному транспорті, розробці та експертизі конструкторських проєктів залізничного спрямування, технологічних процесів, стандартів та нормативних документів для забезпечення діяльності залізничної галузі і її сталого розвитку.

**Матеріал підготували
директори ДП «ДНДЦ УЗ» і
філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця»
Самсонкін В.М., Дьомін Р.Ю.,
Зайцев В.О., Петренко В.О.**



**НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» -
25 РОКІВ З ЧИТАЧАМИ**

Часопис «Залізничний транспорт України» було започатковано зусиллями колективів видавництва «Транспорт України», редакції газети «Магістраль» і адміністрації Укрзалізниці у 1995 році, у травні якого було отримано відповідне державне реєстраційне свідоцтво КВ № 1429 на ім'я офіційного засновника видання Державної адміністрації залізничного транспорту України. Перший випуск нового науково-практичного журналу відбувся після рішення організаційних питань у травні 1996 року. Видання створювалося як науково-практичний центр, навколо якого могли гуртуватися інтелектуальні сили залізничної галузі України, зростати її наукові та молоді інженерні кадри, а шпальти журналу мали б слугувати галузевою трибуною і майданчиком для обговорення та пропаганди новітніх вітчизняних і світових досягнень науки і техніки в галузі залізничного транспорту.

Основним ентузіастом створення галузевого всеукраїнського науково-практичного журналу «Залізничний транспорт України» (ЗТУ) і його першим головним редактором була Тамара Андріївна Мукмінова, яка тривалий час працювала першим заступником головного редактора газети «Магістраль» і директором видавництва «Транспорт України». Завдяки її зусиллям та сформованому штату досвідчених наукових і технічних редакторів журналу ЗТУ це видання зразу завоювало своїх прихильників серед українських і іноземних вчених та інженерів залізничної галузі. Чотири з половиною тисячі примірників, які виходили у світ шість разів на рік завдяки роботі редакції ЗТУ, створювали неабиякий наклад у порівнянні з іншими подібними науково-практичними виданнями. Згідно з даними некомерційної бібліометричної платформи Google Scholar журнал ЗТУ у 2013 році входив до 100 найбільш цитованих українських наукових фахових видань (94 місце), починаючи з 2007 року.

Редакцію журналу ЗТУ було створено як окремий господарчий підрозділ, який працював у складі видавництва «Транспорт України». У 2004 році наказом Міністра транспорту України – Генерального директора Укрзалізниці Кірпи Г.М. редакція журналу ЗТУ, разом з її керівником Мукміною Т.А., була введена до складу Державного науково-дослідного центру залізничного транспорту України і він став видавцем журналу. На теперішній час загальногалузевий журнал «Залізничний транспорт України» щоквартально видає правонаступник цього центру - філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТИ) АТ «Укрзалізниця». Журнал ЗТУ перетворено у міжнародне науково-технічне видання, яке отримує та публікує статті із залізничної тематики українською, російською та англійською мовами. Керує виданням міжнародна редакційна колегія та міжнародна редакційна рада. У різні часи до їх складу входили Міністр транспорту України - Генеральний директор Укрзалізниці, к.т.н. Кірпи Г.М. та заступники генерального директора: Лашко А.Д., к.е.н. Макаренко М.В., к.т.н. Сергієнко М.І., Федюшин Ю.М., Олійник В.Б., Петренко Л.М.; начальники залізниць: к.т.н. Крючков О.М., к.т.н. Левицький І.Ю., Несвіт В.А., Суліма С.Д.; головні інженери залізниць Бойко Г.А., Заньків З.З., Тягульський В.Г., Осовик В.М., Філатов О.В., Скупченко О.І., Уманець М.Г., к.т.н. Тулей Ю.Л.; генеральний конструктор-директор ГСКБВ д.т.н. Бубнов В.М., технічний директор ПАТ «Луганськтепловоз» Догадін В.О., технічний директор ВАТ «КВБЗ» Лутонін С.В., директор ДП «УкрНДІВ», к.т.н. Донченко А.В.; ректори залізничних закладів вищої освіти України: д.т.н. Панченко, к.т.н. Кутах О.П., д.т.н. Пшінько О.М., д.т.н. Соболев Ю.В.; директор ДП «ДНДЦ УЗ», д.т.н. Самсонкін В.М., директор філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця», к.т.н. Зайцев В.О., доктори наук Бакаєв О.О., Боднар Б.Є., Даніленко Е.І., Дьомін Ю.В., Золотарьов А.М., Кулаєв Ю.Ф., Мироненко В.К., Мямлін С.В., Осенин Ю.І., Панасенко М.В., Плахотник В.М., Тарта-

ковський Е.Д., Ушкалов В.Ф. та інші відомі вітчизняні і закордонні вчені і фахівці залізничного транспорту. В даний час в роботі міжнародної редакційної ради та редакційної колегії журналу приймають участь іноземні члени: Бурейка Г. (Литва), Журковски А. (Польща), Путятю А.В. (Білорусь), Заборі І. (Угорщина), Калівода Я. (Чехія). Головними редакторами журналу ЗТУ послідовно працювали к.е.н. Мукмінова Т.А., магістр (тепер д.т.н.) Дьомін Р.Ю. (в.о.), д.т.н., професор Самсонкін В.М., к.т.н. Зайцев В.О. та у теперішній час д.т.н., професор Мямлін С.В.

Концептуальна спрямованість науково-технічних публікацій у журналі ЗТУ формується на підставі пріоритетів розвитку діяльності АТ «Укрзалізниця», рішень Науково-технічних рад Товариства та його філії "НДКТІ". Основні напрямки публікацій журналу, це: реформування залізничного транспорту, транспортні системи і логістика, технічна політика та науково-технічне забезпечення галузі, організація і безпека руху поїздів, рухомий склад та технічні засоби інфраструктури залізниць, залізнична автоматика, зв'язок і інформатизація залізниць, ресурсозбереження та екологія, практичний досвід експлуатації залізниць тощо. Журнал «Залізничний транспорт України» з 2010 року внесений до Переліку наукових фахових видань Міністерства освіти і науки України та включено до української загальнодержавної реферативної бази даних «Україніка наукова» і до пошукової системи Google Scholar. Всі науково-технічні публікації журналу проходять процедуру рецензування вітчизняними і іноземними вченими та розглядаються і рекомендуються до друку Науково-технічною радою філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».

За 25 років існування журналу на його сторінках опубліковано більш ніж 2000 статей. Серед їх авторів були Народні депутати України, міністри, генеральні директори Укрзалізниці та їх заступники, начальники і головні інженери залізниць, керівники департаментів, залізничних підприємств та їх спеціалісти, вчені і провідні фахівці вітчизняних та закордонних науково-дослідних установ залізничного профілю, ректори, проректори, завідувачі кафедр, викладачі та наукові працівники вітчизняних і іноземних університетів, вчені науково-дослідних установ Національної академії наук України, керівники та головні конструктори виробничих підприємств залізничного профілю, лауреати Державних премій України у галузі науки і техніки, академіки та член-кореспонденти Транспортної академії України.

За роки видання на сторінки журналу виносилися та обговорювалися плани і проблеми реформування залізничного транспортного комплексу України та формування технічної політики в галузі; розглядалися науково-практичні питання економічного розвитку галузі; проектування, модернізації, випробувань, ремонту і експлуатації рухомого складу; оновлення та утримання інфраструктури залізниць; розвитку інформатизації і залізничного зв'язку; формування транспортних систем і логістики вантажних та пасажирських перевезень; ресурсозбереження і екології; соціальної та кадрової політики на залізничному транспорті тощо.

Обрану стратегію поєднання передових науково-технічних знань і практичного досвіду для вирішення актуальних комплексних проблем залізничного транспорту, з активним залученням молодих наукових кадрів, журнал «Залізничний транспорт України» буде підтримувати і в майбутньому, щоб бути важливою науковою платформою для обговорення питань інноваційного розвитку залізничного транспорту України, а також забезпечувати обговорення та вирішення на високому науково-технічному рівні поточних і перспективних завдань АТ «Українська залізниця».



Головний редактор, д.т.н., проф. Мямлін С. В.
Заступник головного редактора, к.т.н., доц. Грищенко С. Г.

УДК 629.4.02:656.073

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-18-24

Д-р техн. наук Путятю А. В.

Д-р техн. наук Шимановский А. О.

Инженер Ворожун И. А.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ РАМЫ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Ключевые слова: вагон, платформа, трубы, крепление грузов, динамические силы, соударение вагонов, конечно-элементное моделирование, напряжения.

Введение

Необходимость повышения скорости движения поездов, а также расширение ассортимента перевозимых грузов требуют совершенствования, как конструкций вагонов, так и способов размещения и крепления грузов в них. Подвижной состав железных дорог представляет сложную механическую систему, а обеспечение безопасности его движения требует проведения глубоких и всесторонних исследований. Выполненный анализ показывает, что одной из основных причин, приводящих к разрушению и повреждению, как перевозимых грузов, так и самих вагонов, является нарушение режимов эксплуатации подвижного состава при сортировочной работе. Аналогичная ситуация будет сохраняться и в обозримом будущем, поскольку наблюдается тенденция отставания оперативной замены на эксплуатируемом подвижном составе устаревших конструкций поглощающих аппаратов на более энергоёмкие, при изменении нормативных требований к ним, связанных с увеличением осевой нагрузки вагонов и интенсификацией их использования.

С другой стороны, номенклатура перевозимых грузов все время расширяется, что требует разработки подходов, позволяющих обеспечить их безопасную транспортировку. Оснащение вагонного парка достаточным количеством специализированного подвижного состава или применение в конструкциях

существующих вагонов более эффективных поглощающих аппаратов и подвижных хребтовых балок, обеспечивающих надёжность вагонов и сохранность перевозимых грузов, требуют значительных капитальных вложений. В связи с этим при транспортировке длинномерных и тяжеловесных грузов возникает необходимость проведения работ по оснащению существующих вагонов оборудованием, позволяющим уменьшить динамические силы, действующие как на вагон, так и на перевозимый груз, например, путём дополнительного поддрессирования груза относительно вагона в продольном направлении. Изменение сил в элементах таких средств крепления при соударениях вагонов может стать причиной повреждения транспортируемого груза и подвижного состава. Поэтому возникает необходимость проведения исследований, связанных с анализом прочности конструкций вагонов под действием динамических нагрузок от элементов крепления.

Анализ последних исследований и публикаций

Размещение и крепление грузов на открытом подвижном составе регламентируется специальными нормативными документами [1–3]. В них указывается, что расчет креплений следует осуществлять исходя из значений удельных продольных и поперечных горизонтальных, а также вертикальных инерционных сил. Такой подход справедлив для случая жесткого крепления груза. Однако при транспортировке массивных и крупногабаритных грузов оказывается, что под действием переменных нагрузок, вызванных соударением вагонов и движением по кривым, крепления испытывают значительные деформации, что приводит к изменению возникающих в них сил [4]. Поэтому исследователи в последние годы обратили внимание на необходимость анализа таких сил при переходных режимах движения железнодорожного подвижного состава [5].

Так, в работах [6, 7] рассмотрен расчет крепления массивных грузов с учетом их возможного смещения относительно пола вагона-платформы. Авторами исследований учтено изменение сил упругости растяжек, обусловленное изменением их длины. В статье [8] рассмотрена методика расчета эле-

ментов крепления грузов с учетом статической неопределимости системы. В исследовании [9] выполнена оценка прочности креплений груза, оборудованного грузовыми петлями, с учетом изменения сил их натяжения при смещении груза после ряда соударений вагонов. В работе [10] на основе анализа обобщенной модели крепления груза в вагоне показано, что связи с мягкими характеристиками существенно повышают сохранность при грузоперевозке, по сравнению с линейно упругими связями, и на основе этого рекомендовано использование пневмооболочек.

Анализу прочности конструкций вагонов, под действием приложенных к ним сил, посвящено значительное количество исследований. Так в работе [11] для исследования транспортировки труб на вагоне-платформе авторами использован вычислительный комплекс «Универсальный механизм», а его результаты в дальнейшем применены при прочностном анализе в пакете Femap. Конечно-элементное моделирование нашло применение также при определении напряженно-деформированного состояния рамы длиннобазной платформы [12], кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов при ударе [13] и вагона бункерного типа, перефилированного в вагон-платформу [14]. В статье [15] анализируется прочность конструкции вагона-зерновоза с целью выбора рационального способа модернизации для продления срока службы. Во всех рассмотренных выше работах изучаются случаи типового приложения нагрузок, в то время как в статье [16] потребовалось учесть влияние на прочность конструкции вагона, транспортируемого в пароме, от его колебаний. Однако нам не удалось найти работы, в которых бы рассматривался анализ прочности конструкций под действием нагрузок не только от перевозимого груза, но и от средств его крепления.

Цели и задачи исследования

Особенностями перевозки труб диаметра 1420 мм на универсальных вагонах-платформах являются невозможность полного использования их грузоподъемности и применение крепежных реквизитов одноразового пользования. Предложены новые варианты креплений, обеспечивающие погрузку на вагон пяти труб [17] в отличие от рекомендуемых нормами [1] четырех. Выполненный анализ показал, что в этом случае возни-

кающие в креплениях значительные нагрузки могут стать причиной повреждения груза и кузова и неблагоприятно сказываются на безопасности эксплуатации подвижного состава. Следовательно, в таких случаях расчет креплений груза должен сопровождаться анализом прочности кузова. Поэтому целью представленной работы стал анализ прочности несущей конструкции платформы под действием динамических нагрузок от средств крепления на ней труб большого диаметра. Для этого потребовалось определить максимальные значения сил, возникающих в элементах крепления, разработать конечно-элементную модель несущей конструкции платформы и осуществить расчет напряжений, возникающих в ней под действием динамических нагрузок.

Определение сил, возникающих в элементах креплений при соударении вагонов

При транспортировке на платформе пяти труб диаметра 1420 мм их продольное крепление возможно осуществить двумя основными способами [18]: труб всех ярусов непосредственно к раме платформы (рис. 1а) или труб нижнего яруса к раме платформы, а каждого последующего яруса – к трубам предыдущего (рис. 1б).

Для определения сил, действующих на элементы крепления труб и раму платформы в процессе соударения вагонов, использованы методики, описанные в работах [10, 19]. Сравнение результатов вычислений по разработанным моделям [10, 18] и экспериментальных данных, приведенное в публикации [20], продемонстрировало их хорошее соответствие.

Выполнены расчёты соударения вагонов для двух указанных выше вариантов продольного крепления труб. Они выполнены с учетом масс каждой трубы 6800 кг, платформы – 21000 кг, вагона-стенки – 84000 кг. Коэффициенты трения между телами системы принимались равными 0,35, а коэффициенты жесткости упругих элементов крепления – 2 МН/м. Вычисления выполнялись для начальной скорости соударения вагонов 9 км/ч. Их результаты представлены в таблице 1. Приведенная на рисунке 1 схема а соответствует креплению труб всех ярусов непосредственно к платформе, а схема б – поярусному креплению. Представленные значения сил в дальнейшем были использованы в качестве исходных данных при анализе прочности кузова вагона-платформы.

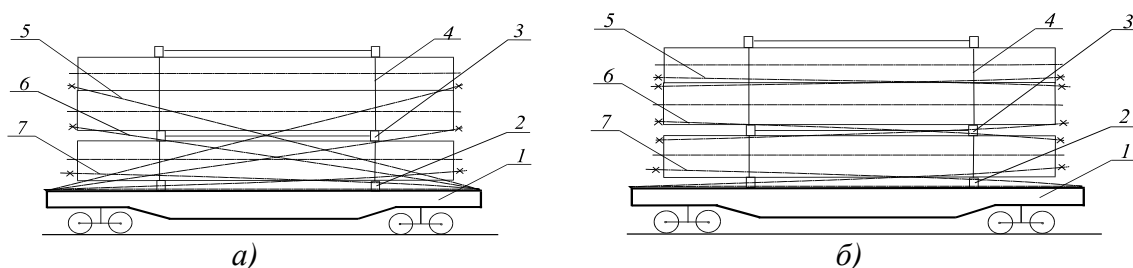


Рис. 1 – Схемы крепления труб на вагоне-платформе:

1 – платформа; 2 – опоры для труб нижнего яруса; 3 – промежуточные опоры для труб верхнего яруса; 4 – поперечная обвязка; 5, 6, 7 – элементы продольного крепления труб верхнего, среднего и нижнего ярусов

Табл. 1 – Динамические показатели схем крепления труб на вагоне-платформе

Наименование показателей	Значение	
	Схема а	Схема б
Наибольшее значение сил в упругих элементах продольного крепления верхней трубы, кН	122,5	95
Наибольшее значение сил в упругих элементах продольного крепления труб среднего яруса, кН	248,8	234
Наибольшее значение сил в упругих элементах продольного крепления труб нижнего яруса, кН	249,6	311
Наибольшее значение сил в упругих элементах крепления промежуточных опор, кН	11,15	17,62
Наибольшее значение сил в упругих элементах крепления поперечной обвязки, кН	3,756	17,870
Наибольшее значение силы в автосцепке платформы, МН	1,447	1,438

Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния несущей конструкции вагона.

В качестве объекта исследования принят вагон-платформа модели 13-401, одной из

наиболее часто встречающейся в инвентарном парке Белорусской железной дороги. На рисунке 2 показана схема приложения к вагон-платформе расчётных сил.

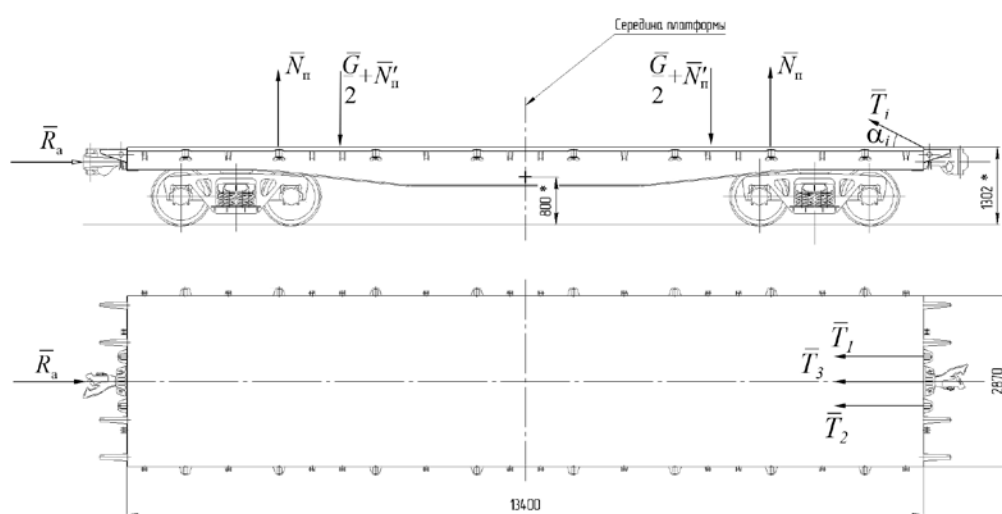


Рис. 2 – Схема приложения расчётных сил к вагон-платформе модели 13-401

Для оценки прочности несущей конструкции платформы на основе комплекта конструкторской документации разработана конечно-элементная модель в программном комплексе DSMFem.

Несущая конструкция вагона изготовлена из стали углеродистой обыкновенного качества Ст3сп, предел текучести которой, принятый в качестве допускаемых напряжений, равен 245 МПа. Следует отметить, что несущие конструкции современных вагонов-платформ изготавливаются преимущественно из конструкционных сталей 09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, которые имеют существенно большее значение предела текучести. Модуль упруго-

сти материала несущей конструкции принят равным 210 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,3.

При построении модели использовались два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3-х и 4-х угольные. Оба типа элементов имеют три степени свободы в каждом узле. Они обладают жесткостью при растяжении/сжатии, сдвиге в плоскости элемента и изгибе и кручении в любых направлениях. Параметрами элементов являются их толщины, материал и сечение. Полученная конечно-элементная модель (рис. 3) включает 14925 узлов и 12204 элемента.

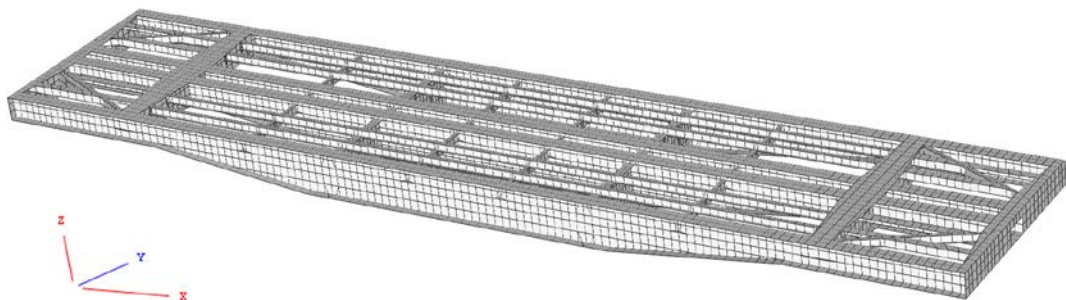


Рис. 3 – Конечно-элементная модель рамы вагон-платформы

Продольная сила R_a , обусловленная соударением вагонов, принята равной 3,5 МН и приложена к заднему упору автосцепного устройства. Чтобы учесть действие на конструкцию груза и средств крепления, приняты во внимание сила тяжести перевозимого груза, силы в упругих элементах поперечной обвязки и проекции сил, возникающих в элементах продольного крепления труб. Кинематические граничные условия включают в себя

ограничение степеней свободы в месте крепления упоров автосцепного устройства и пятников.

В результате расчетов получены значения напряжений в металлоконструкции кузова платформы для двух случаев приложения нагрузок, соответствующих разным вариантам продольного крепления труб. Схемы распределения эквивалентных по Мизесу напряжений представлены на рисунках 4 и 5.

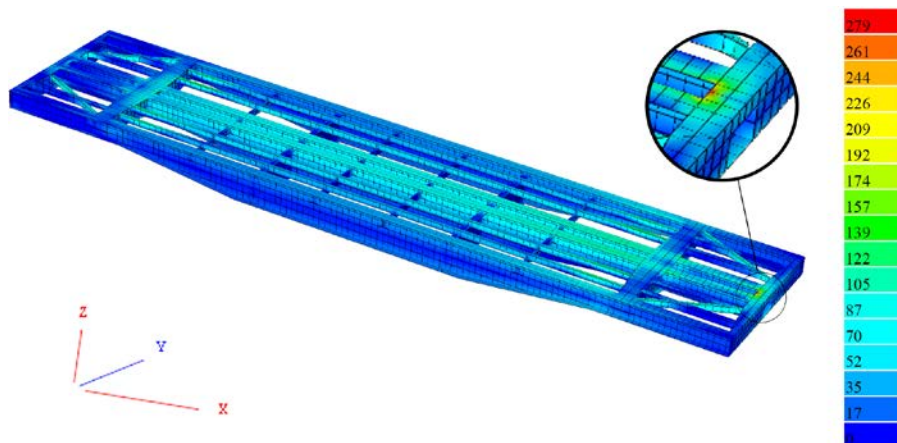


Рис. 4 – Эквивалентные по Мизесу напряжения в раме вагон-платформы, МПа, при креплении труб всех ярусов непосредственно к раме платформы

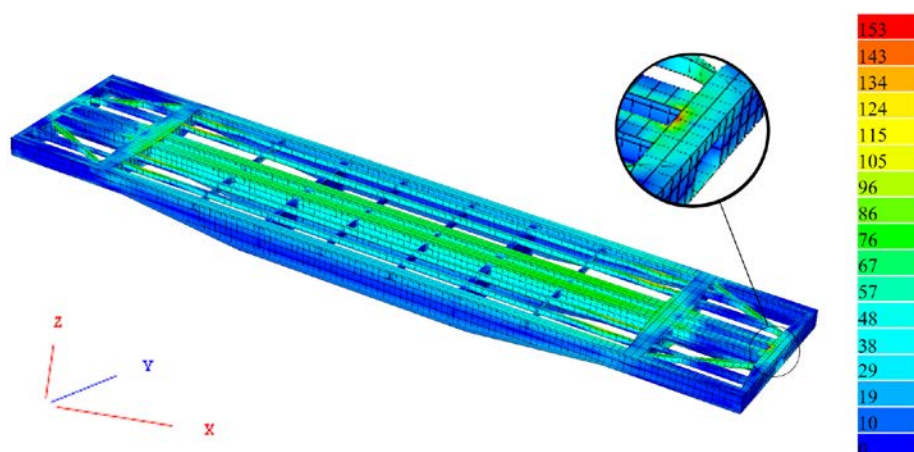


Рис. 5 – Эквивалентные по Мизесу напряжения в раме вагон-платформы, МПа, при поярусном креплении труб

В таблице 2 приведены максимальные значения полученных напряжений по основным конструктивным группам элементов вагона-платформы. Из нее видно, что напряжения в хребтовой, шкворневой и боковой балках рамы в обоих случаях не превышают допускаемые значения. В то же время при креплении всех ярусов труб непосредственно к

металлоконструкции вагона-платформы расчетные значения в концевой балке превышают допускаемые на 14 %. При поярусном креплении труб расчетные напряжения в этой балке снижаются почти в два раза.

Табл. 2 – Значения максимальных напряжений для двух схем крепления труб на вагон-платформе

Наименование конструктивной группы	Расчетные напряжения, МПа		Допускаемые напряжения, МПа
	Схема а	Схема б	
Хребтовая балка	105	86	245
Шкворневая балка	35	29	245
Концевая балка	279	153	245
Боковая балка	87	48	245

Выводы

Результаты выполненного исследования показывают, что при разработке креплений тяжеловесных и длинномерных грузов на железнодорожном подвижном составе требуется не только выполнять расчет креплений, но и осуществлять проверку прочности металлоконструкции вагона под действием ударных нагрузок. В рассмотренном случае оказалось, что схема с непосредственным креплением труб к металлоконструкции вагона-платформы не может быть рекомендована к использованию, так как возникающие напряжения превышают допускаемые значения. Таким образом, для транспортировки пяти труб большого диаметра на вагоне-

платформе целесообразно использовать поярусное крепление труб.

Литература

1. Технические условия размещения и крепления грузов. Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС). – Минск: Амалфея, 2015. – 704 с.
2. AAR Open Top Loading Rules Manual. Section 2. Rules for Loading Metal Products, Including Pipe. – Washington: Association of American Railroads, 2020. – 440 p.
3. Loading Guidelines. Code of practice for the loading and securing of goods on railway wagons. Volume 1. Principles. – Paris: International Union of Railways (UIC), 2020. – 133 p.

4. An innovative method for calculating diagonal lashing force of cargo on railway wagons in a curve alignment / D. Zhang [et al] // *Vehicle System Dynamics*. – 2021. – Vol. 59, No. 31. – pp. 352–374.

5. Упырь Р.Ю. Возникновение и оценка динамического взаимодействия груза и вагона / Р.Ю. Упырь, Н.В. Давыдова, Ц. Хурэлбаатар // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2018. – № 1 (57). – С. 8–15.

6. Туранов Х.Т. Математическое моделирование движения груза вдоль вагона при воздействии плоской системы сил / Х.Т. Туранов, Е. Д. Псеровская // *Транспорт Урала*. – 2013. – № 4. – С. 11–18.

7. Turanov K. On the shift of cargo on a railway platform under the influence of transverse forces / K. Turanov, Y. Ruzmetov // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 157. – Article 01012. – 12 p.

8. Егоров С.А. Совершенствование методики расчета элементов крепления в статически неопределимых схемах закрепления единичного груза / С.А. Егоров, Л.А. Гребенюк, С.Ю. Хорунжин // *Известия Транссиба*. – 2011. – № 4 (8). – С. 87–94.

9. Olentsevich V. A. Computational procedure for preparing the technical conditions for stowage and securing cargo in rail cars and containers / V.A. Olentsevich, R.Yu. Upyr', A. M. Gladkih // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1615. – Article 012029. – 10 p.

10. Chaganova O. S. Fastenings Parameters Determination for Highly Deformative Cargo, Taking into Account Its Durability During Transportation in Cars and Trains / O.S. Chaganova, I.A. Varazhun // *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*. – 2018. – Vol. 7, No. 3. – pp. 218–222.

11. Попова О.В. Разработка методики анализа нагруженности несущих конструкций грузовых вагонов для перевозки длинномерных грузов / О.В. Попова, Ю.А. Чиграй // XXII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС–2010) «Будущее машиностроения России»: избранные труды. / М. : ИМАШ РАН, 2011. – С. 114–120.

12. Фомин А.В. Научно-практическое исследование прочности рамы длиннобазной платформы / А.В. Фомин, Д.В. Федосов-

Никонов // *Вестник науки и образования*. – 2018. – № 10 (46). – С. 8–15.

13. Путятю А.В. Расчет на прочность кузова вагона-платформы для перевозки лесных грузов при ударе / А.В. Путятю, А.В. Пигунов, В.В. Белогуб // *Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки*. – 2008. – Вып. 2. – С. 53–58.

14. Сенько В.И. Перепрофилирование вагона бункерного типа в вагон-платформу для перевозки лесных грузов / В.И. Сенько, А.В. Путятю // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщений*. – 2011. – № 2. – С. 50–54.

15. Петренко В.О. Дослідження можливостей відновлення хребтової балки вантажних вагонів в районі шворневого вузла на основі вагона-зерновоза моделі 19-752 / В.О. Петренко, Д.І. Буліч // *Залізничний транспорт України*. – 2018. – № 4. – С. 27–36.

16. Визначення показників міцності несучої конструкції кузова критого вагону з круглих труб при перевезенні на залізничному поромі / О.В. Фомін [и др.] // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2019. – Т. 1, № 7 (97). – С. 33–40.

17. Устройство для крепления стальных труб с подготовленными под сварку торцовыми кромками на раме железнодорожного транспортного средства: пат. 23277 Беларусь, МПК (2006): В 60Р 7/00 / И.А. Ворожун; заявитель Белорусский государственный университет транспорта – № а 20190102; заявл. 08.04.2019; опубл. 30.12.2020.

18. Ворожун И.А. Моделирование взаимодействия ярусов груза и платформы при торможении поезда / И.А. Ворожун, А.В. Шилович // *Горная механика и машиностроение*. – 2018. – № 2. – С. 52–58.

19. Псеровская Е.Д. Изучение динамики многоярусного груза и воспринимаемых креплением нагрузок при маневровых соударениях вагонов / Е.Д. Псеровская, С.Ю. Хорунжин // *Известия Транссиба*. – 2010. – № 1 (1). – С. 106–112.

20. Ворожун И. А. Анализ корректности математических моделей соударения вагонов-платформ при упругом способе крепления на них ярусов труб / И.А. Ворожун // *Механика. Исследования и инновации*. – 2018. – Вып. 13. – С. 40–46.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Путятю Артур Владимирович,
д.т.н., доцент, ректор Гомельского
государственного технического университета
имени П.О. Сухого.
Просп. Октября, 48, г. Гомель, 246746,
Беларусь.
Тел.: +37 523 222 46 36.
E-mail: putsyata.artur@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1828-8052>.

Шимановский Александр Олегович,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

«Техническая физика и теоретическая меха-
ника» Белорусского государственного универ-
ситета транспорта (БелГУТ).
Ул. Кирова 34, г. Гомель, 245053, Беларусь.
Тел.: +37 529 831 14 29.
E-mail: tm.belsut@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8550-1725>.

Ворожун Ирина Александровна,
старший преподаватель кафедры «Техниче-
ская физика и теоретическая механика»
БелГУТ.
Ул. Кирова 34, г. Гомель, 245053, Беларусь.
Тел.: +37 529 732 65 05.
E-mail: ivorozhun@yandex.by.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6118-1042>.

Моделі та моделювання

УДК 629.456
DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30

*Інженери Радкевич М. М., Петренко В. О.,
Прокопенко П. М., Кошель О. О.
Канд. техн. наук Кара С. В.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ
РАМ ВІЗКІВ СПЕЦІАЛЬНОГО РУХОМОГО
СКЛАДУ НА БАЗІ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ**

***Ключові слова:** пасажирський вагон, не-
сучі металеві конструкції, візок, рама візка,
міцність, опір втоми.*

Вступ та постановка проблеми

Основна кількість металевих несучих
конструкцій вагонів спеціального рухомого
складу залізниць України на сьогоднішній
день знаходяться в критичному стані - в да-
ний час терміни експлуатації значної кілько-
сті візків спеціального рухомого складу колії
1520 мм в Україні перевищує встановлений
заводом виробником термін служби цього
вузла, у більшості випадків значно від грани-
чного. Багато в чому це пов'язано як з істот-
ним запасом міцності, який був закладений
при проектуванні у несучі металеві констру-
кції візків, так і з особливостями експлуатації
конкретного типу вагонів.

Забезпечити безпечне і своєчасне переве-
зання пасажирів і вантажів - одна з головних
задач залізничного транспорту. У зв'язку з
цим, став проявлятися дефіцит візків паса-
жирських вагонів, оскільки їх терміни експ-
луатації практично вичерпали свій плано-
вий ресурс, а в деяких випадках значно пере-
вищили його.

Дефіцит візків вагонів спеціального рухо-
мого складу теж має місце через досягненням
ними нормативного терміну служби та заку-
півлею в недостатній кількості нових візків
для їх заміни. Враховуючи зменшене заван-
таження експлуатаційною роботою спеціа-
льного рухомого складу на базі пасажирсь-
ких вагонів, у порівнянні з поїзними паса-
жирськими вагонами, зі строком служби їх
візків КВЗ-ЦНІИ (типи – І, ІІ, М) понад 41
рік є доцільність у проведенні робіт щодо
визначення залишкового ресурсу несучих
рам цих візків та продовження строку їх
служби. Вирішення цієї задачі дасть змогу
продовжити строк експлуатації технічно
справних несучих рам візків вагонів спеціа-
льного рухомого складу, без надлишкових
витрат на їх повне оновлення [1].

Мета статті

Дослідження залишкового ресурсу рам ві-
зків типу КВЗ-ЦНІИ спеціального рухомого
складу на базі пасажирських вагонів, що зна-
ходяться у експлуатації понад 41 рік, з метою
визначення можливості та строків їх подаль-
шої експлуатації.

Об'єкт дослідження

Візки типу КВЗ-ЦНИИ спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів зі строком служби понад 41 рік.

Основний матеріал досліджень

За 2020 рік фахівцями Науково-впроваджувального центру (НВЦ) філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТИ) АТ «Укрзалізниця» було виконано технічне діагностування 173 спеціальним пасажирським вагонам з 346 візками, які працювали в умовах з агресивним впливом середовища. Після аналізу отриманих результатів, було виявлено на візках більш ніж 90 дефектів що стосувалися корозії бічних балок, поперечних балок (основних), поперечних балок (малих), повздовжніх балок візків, що розташовуються під фановими трубами туалетів вагонів та підлягають постійному впливу вологи. Також, під час тех-

нічного діагностування, інколи, було виявлено тріщини по зварному шву, в місці з'єднання поперечних балок з боковими балками рам візків. Всі виявлені дефекти було усунуто згідно з діючими нормативними документами на деповський та капітальний ремонт рам візків пасажирських вагонів в АТ «Укрзалізниця».

Відбір візків вагонів спеціального рухомого складу для випробувань та обладнання їх несучих рам датчиками (тензорезисторами) виконувались на території Київського центру механізації колійних робіт (КЦМКР). На кожній з несучих рамах візків (рис. 1) було встановлено по 8 тензорезисторів (табл. 1). Всього було обладнано засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) рами двох візків одного вагону. Тобто одночасно контролювалися механічні напруження на двох рамах у 18 точках.

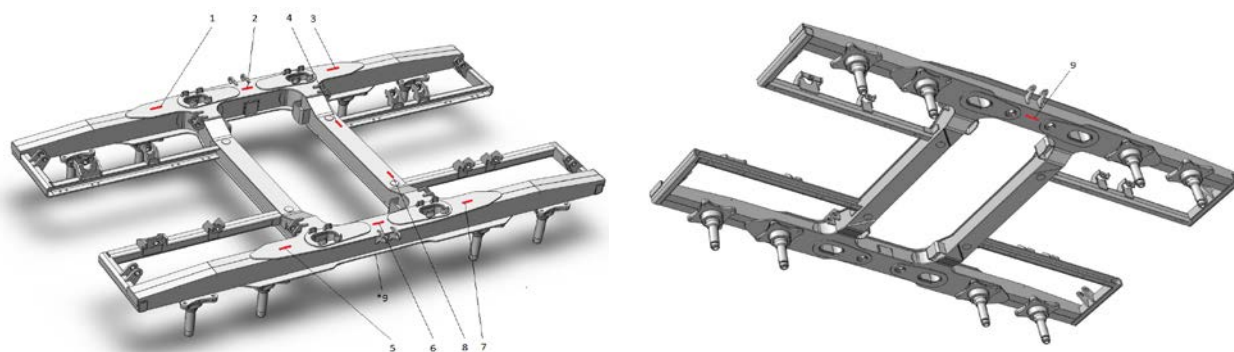


Рис. 1 – Схема встановлення тензорезисторів на несучих рамах візків вагонів спеціального рухомого складу

Табл. 1 – Місця встановлення тензорезисторів на рамах візків КВЗ-ЦНИИ

№	Назва ЗВТ	Зона встановлення ЗВТ	Позн.	Канал
На рамі візка				
1	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між 1 КП та поперечною балкою	1 (10)	1(10)
2	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	2 (11)	2(11)
3	тензорезистор	На верхній площині лівої боковини у повздовжньому напрямку між 2 КП та поперечною балкою	3 (12)	3(12)
4	тензорезистор	На верхній площині 2 поперечної балки у поперечному напрямку з лівої сторони	4 (13)	4(13)
5	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між 1 КП та поперечною балкою	2 (14)	2(14)

6	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	6 (15)	6(15)
7	тензорезистор	На верхній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між 2 КП та поперечною балкою	7 (16)	7(16)
8	тензорезистор	На верхній площині 2 поперечної балки у поперечному напрямку з правої сторони	8 (17)	8(17)
9	тензорезистор	На нижній площині правої боковини у повздовжньому напрямку між поперечними балками	9 (18)	9(18)

Для проведення випробувань використовувались спеціалізовані засоби вимірювальної техніки - вимірювальний комплекс філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» для діагностики й випробувань залізничного рухомого складу який складається із програмно-апаратного автоматичного реєстратора, комплексу комунікаційних кабелів, комп'ютера і програмного забезпечення. Автоматизований програмно-апаратний реєстратор виконано на базі контролера NI 9012, з доданням до нього тензометричних модулів АЦП NI 9237, модулів АЦП NI 9205 та навігаційного GPS модуля.

Швидкість руху дослідного зчепу вагонів, що досліджувалися, визначалася за допомогою GPS модуля-приймача з частотою дискретизації 8 Гц, а реєстрація показань тензорезисторів виконувалась з частотою 400 Гц.

Вимірювальні тензорезистори були з'єднані в напівмостову схему Уітстона, з одним активним та компенсаторним тензорезистором. Така схема складає вимірювальний канал, до якого доповнюється тензометричний модуль NI 9237, який здійснює масштабування миттєвих значень вхідної напруги датчика й її аналого-цифрове перетворення в цифровий код. Цифрові сигнали по внутрішній шині ЗВТ передаються з модулів NI 9237 у контролер NI 9012, з виходу якого по інтерфейсній шині Ethernet надходять у комп'ютер, де проводиться обробка, відображення й зберігання вимірювальної інформації.

Програмне забезпечення виконує функції управління процесом запису, початкового налаштування режиму реєстрації сигналів від вимірювальних каналів, керує режимами роботи автоматичного реєстратора, забезпечує математичні функції обробки, представлення і зберігання вимірювальної інформації. Воно

складається з наступних блоків: спеціалізоване програмне забезпечення, прикладне програмне забезпечення контролера NI 9012, клієнтська частина прикладного програмного забезпечення реєстратора хост-комп'ютера. Програмне забезпечення програмно-апаратного реєстратора розроблено в програмній оболонці Lab View FPGA.

Прикладне програмне забезпечення призначене для того, щоб на апаратному рівні із заданою частотою дискретизації зчитувати з обраних при випробуваннях каналів ЗВТ необхідні вимірювальні дані, вибирати тип підключення виходів первинних вимірювальних перетворювачів і встановлювати межі виміру напруги. Прикладне програмне забезпечення контролера NI 9012 складається із двох частин. Перша частина здійснює зчитування даних з тензометричних модулів АЦП NI 9237, проводить їх обробку та робить запис даних в енергонезалежну пам'ять контролера. Друга частина забезпечує передачу даних по протоколу керування передачею Transmission Control Protocol (TCP) на зовнішній комп'ютер. Програмне забезпечення комп'ютера за допомогою інтерфейсу користувача, виконує загальні керуючі функції ЗВТ при випробуваннях та відображає результати поточних вимірів на екрані монітора комп'ютера.

Після встановлення датчиків ЗВТ на дослідних візках і підключення їх до реєструючої апаратури було сформовано дослідний зчеп з локомотива та порожнього вагона (тара 60 т) з дослідними рамами візків. Тривалість запису експериментальних даних – 5 годин. Дослідна поїздка була проведена на ділянці колії за маршрутом Київ-Волинський – Ніжин – Київ-Волинський протяжністю 300 кілометрів (1 поїздка) регіональної філії «Пі-

вденно-Західна залізниця» АТ «Укрзалізниця».

На рисунках 2 та 3 наведені гістограми діапазонів швидкостей руху дослідних візків з вагонами під час дослідних поїздок.

В таблицях 2 та 3 наведені зафіксовані максимальні напруження в контрольних точках рам візків вагонів під час їх дослідних поїздок.

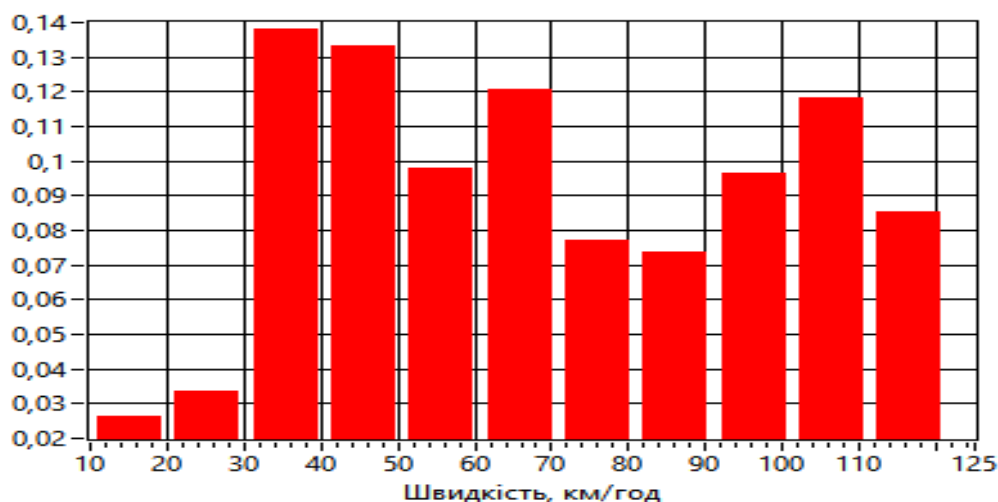


Рис. 2 – Швидкість руху дослідного вагону при дослідженнях на ділянці Київ-Волинський – Ніжин

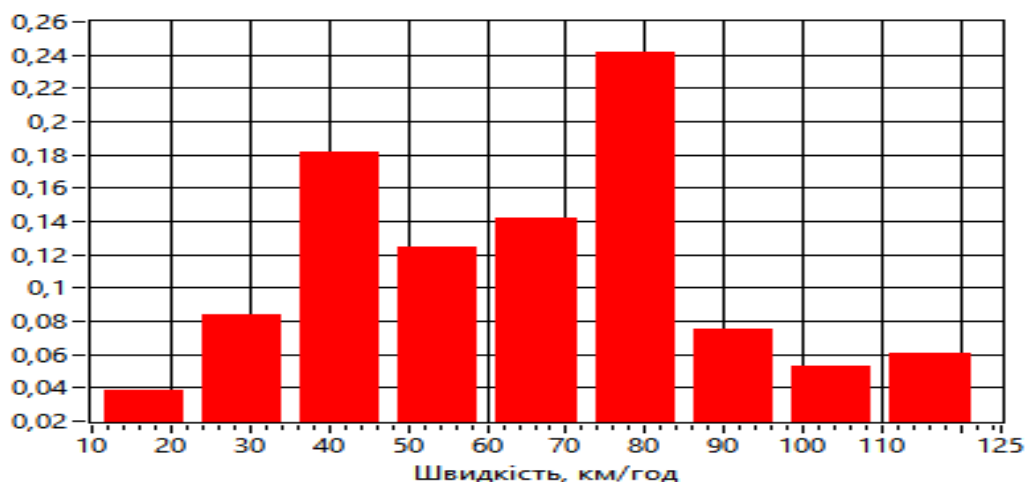


Рис. 3 – Швидкість руху дослідного вагону при дослідженнях на ділянці Ніжин – Київ-Волинський

Табл. 2 – Максимальні напруження в контрольних точках рам візків дослідного вагону на маршруті руху Київ-Волинський – Ніжин

Канал	Діапазони швидкостей руху, км/год (м/сек)																	
	0-45 (0-12,5)		45-54 (12,5-15)		54-63 (15-17,5)		63-72 (17,5-20)		72-81 (20-22,5)		81-90 (22,5-25)		90-99 (25-27,5)		99-108 (27,5-30)		108<max (30 < макс)	
	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО	Мах, МПа	СКО
1	3,63	0,91	6,00	1,03	3,01	0,85	3,40	0,90	3,69	0,92	6,72	1,01	36,01	1,74	5,02	1,09	4,00	1,13
2	4,14	1,09	5,41	1,29	3,85	1,04	4,23	1,08	4,72	1,12	5,25	1,22	15,61	1,50	5,59	1,40	5,19	1,44
3	4,68	1,08	6,61	1,20	3,79	1,04	5,03	1,19	5,22	1,27	7,50	1,22	8,66	1,28	5,50	1,31	5,56	1,46

4	11,08	3,15	12,83	3,09	10,49	3,18	10,42	3,18	10,44	2,91	13,45	2,94	22,81	3,10	13,42	2,85	11,65	3,28
5	5,02	1,10	9,97	1,30	3,86	1,02	4,26	1,13	5,25	1,20	32,66	1,75	41,29	2,03	9,56	1,37	5,15	1,26
6	6,76	1,04	7,76	1,12	5,98	0,97	10,15	1,22	11,53	1,33	15,57	1,43	22,01	1,61	11,85	1,43	10,26	1,42
7	3,69	0,87	4,71	0,89	3,31	0,82	4,64	0,96	4,78	1,05	8,76	1,06	8,37	1,10	6,33	1,07	4,70	1,09
8	5,64	1,43	8,45	1,53	4,99	1,48	5,39	1,52	6,58	1,46	6,55	1,45	13,95	1,60	7,50	1,51	6,69	1,72
9	10,04	1,14	20,60	1,85	10,20	1,04	10,50	1,17	10,98	1,17	19,69	1,40	32,06	1,66	11,66	1,24	6,81	1,24
10	6,52	1,11	14,01	1,47	4,33	0,99	5,80	1,18	6,08	1,19	8,74	1,22	16,65	1,38	9,13	1,23	5,56	1,26
11	5,44	1,39	8,12	1,39	4,89	1,32	5,79	1,49	5,98	1,49	7,31	1,50	11,11	1,58	7,81	1,50	5,66	1,54
12	4,93	0,97	11,43	1,20	3,59	0,94	4,91	1,19	6,11	1,29	9,06	1,30	9,78	1,31	6,06	1,17	4,67	1,23
13	6,20	1,49	13,59	1,78	5,32	1,52	5,40	1,53	6,00	1,48	33,26	2,06	22,44	1,89	12,86	1,68	6,53	1,71
14	5,45	1,20	6,31	1,14	4,24	1,12	5,15	1,33	5,71	1,33	8,95	1,28	34,35	1,93	9,09	1,29	5,57	1,35
15	5,92	1,22	5,75	1,12	5,33	1,22	6,53	1,44	7,07	1,37	9,06	1,39	16,53	1,51	8,02	1,33	6,81	1,36
16	3,98	0,93	5,57	0,97	3,41	0,92	3,92	1,07	4,50	1,13	9,07	1,11	15,24	1,27	5,13	1,01	4,29	1,13
17	7,98	2,27	9,09	2,32	7,73	2,35	7,85	2,36	8,28	2,15	8,24	2,22	12,53	2,29	8,68	2,26	9,34	2,66
18	3,26	0,76	3,48	0,67	2,79	0,73	3,26	0,86	3,42	0,86	4,63	0,85	5,69	1,00	3,96	0,97	4,12	1,12

Табл. 3 – Максимальні напруження в контрольних точках рам візків дослідного вагону на маршруті руху Ніжин – Київ-Волинський

Ка- нал	Діапазони швидкостей руху, км/год (м/сек)																	
	0-45 (0-12,5)		45-54 (12,5-15)		54-63 (15-17,5)		63-72 (17,5-20)		72-81 (20-22,5)		81-90 (22,5-25)		90-99 (25-27,5)		99-108 (27,5-30)		108<max V (30 < макс)	
	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О	Max, МПа	СК О
1	3,03	0,78	4,01	0,79	3,93	0,96	4,50	1,05	3,46	0,96	5,85	1,01	3,76	1,03	3,64	1,02	4,16	1,02
2	4,20	1,15	4,46	1,16	4,88	1,30	5,29	1,48	5,08	1,40	6,46	1,37	5,39	1,46	5,50	1,48	5,40	1,34
3	5,56	1,26	7,17	1,24	5,46	1,31	6,76	1,56	6,27	1,41	7,61	1,37	6,02	1,40	5,78	1,41	5,51	1,39
4	9,73	2,72	10,9 2	2,61	9,81	2,63	10,3 2	2,76	10,1 5	2,78	13,3 3	3,07	10,6 4	2,85	10,3 2	2,86	10,7 2	2,86
5	3,74	0,80	4,23	0,85	4,01	1,04	5,79	1,32	4,13	1,16	7,57	1,25	4,82	1,21	4,94	1,20	6,91	1,17
6	4,35	1,00	4,54	0,96	4,83	1,17	6,09	1,30	4,21	1,16	6,33	1,17	4,70	1,18	4,89	1,22	4,87	1,14
7	4,26	1,06	4,58	1,00	4,07	1,04	4,53	1,14	4,27	1,12	5,82	1,11	4,80	1,20	4,89	1,22	5,50	1,24
8	5,29	1,28	5,30	1,29	5,07	1,32	5,86	1,41	5,29	1,41	21,9 1	1,87	6,05	1,50	5,91	1,48	6,23	1,51
9	16,3 2	2,53	19,4 3	2,81	15,6 3	2,37	13,3 9	1,98	11,1 0	1,95	16,9 2	2,55	18,6 2	3,06	18,1 3	3,00	14,8 9	2,29
10	6,87	1,15	7,64	1,25	6,60	1,21	6,13	1,20	5,09	1,09	19,4 8	1,52	7,58	1,45	6,86	1,44	7,08	1,41
11	5,74	1,17	6,30	1,25	5,52	1,22	5,64	1,32	5,36	1,28	8,24	1,32	6,06	1,52	6,71	1,69	6,79	1,62
12	6,25	1,22	7,25	1,31	6,24	1,33	8,84	1,46	5,24	1,34	10,2 4	1,47	6,81	1,56	6,52	1,67	7,44	1,63
13	4,93	1,28	13,2 3	1,41	5,29	1,33	6,77	1,46	5,06	1,37	7,47	1,53	5,61	1,45	5,49	1,43	10,8 0	1,56
14	2,89	0,72	3,48	0,82	3,81	0,93	4,71	1,07	3,77	1,01	5,62	1,03	4,15	1,10	4,28	1,22	6,02	1,28
15	3,58	0,94	3,97	0,98	3,92	0,98	4,38	1,10	4,13	1,07	5,44	1,01	4,84	1,24	5,24	1,41	7,60	1,45
16	3,73	0,99	4,02	1,01	4,07	1,03	4,73	1,11	3,96	1,08	4,09	1,03	4,76	1,28	4,89	1,34	6,73	1,40
17	7,61	2,16	7,34	2,06	6,98	2,06	7,74	2,21	7,89	2,21	9,20	2,36	8,50	2,21	7,61	2,20	8,38	2,26
18	3,20	0,87	3,40	0,91	3,22	0,90	4,06	1,08	3,78	1,03	3,49	0,96	4,38	1,23	4,42	1,33	4,71	1,32

При обробці результатів ходових міцнісних випробувань візків КВЗ-ЦНИИ вагону спеціального призначення дослідні дані групувалися за діапазонами швидкостей руху, характерними особливостями ділянки шляху (пряма, крива, стрілки, тощо), режимам руху (розгін, гальмування) дослідного вагона та визначався амплітудно-частотний склад напружено-деформованого стану в елементах конструкції несучих рам візків у діапазоні від 0,3 Гц до 30,0 Гц, з метою оцінки їх коефіцієнтів запасу опору втомі згідно стандарту ДСТУ 7774:2015 [1], за формулою:

$$n = \frac{\sigma_{a,N}}{\sigma_{a,\varepsilon}} \geq [n], \quad (1)$$

де: $\sigma_{a,N}$ - границя витривалості (за амплітудою) натурної деталі рами візка за симетричним циклом і встановленим режимом навантажень;

$\sigma_{a,\varepsilon}$ - розрахункова величина еквівалентної амплітуди динамічного напруження у реальному режимі експлуатаційних випадкових навантажень за проектний термін служби конструкції;

$[n]$ - допустимий коефіцієнт запасу опору втомі.

Динамічна складова напружень розраховувалася наступним чином:

$$\sigma_{a,\varepsilon} = \sqrt[m]{\frac{T_P f_\varepsilon}{N_0} \sum_{j=1}^n K_{yrj} \sum_{vi}^{K_{vi}} P_{vi} \sum_{\sigma_i}^{K_{\sigma_i}} \sigma_{ai}^m P_{\sigma_i}}, \quad (2)$$

де m – показник ступеню в рівнянні кривої втомі у амплітудах коливань рами,

$$m = \frac{A}{(\bar{K}_b)_k}, \quad (3)$$

де: A – коефіцієнт, згідно стандарту [1];

$(\bar{K}_b)_k$ – середнє значення загального коефіцієнту зниження границі витривалості натурної деталі по відношенню до границі витривалості гладкого стандартного зразка;

T_P – сумарний час дії динамічних напружень,

$$T_P = B \cdot T_K, \quad (4)$$

де B – коефіцієнт переведу календарного розрахункового строку служби у роках в час неперервного руху в секундах,

$$B = 365 \frac{10^3 \cdot \bar{\zeta}_c}{V}, \quad (5)$$

де: $\bar{\zeta}_c$ – середньодобовий пробіг вагона;

V – середня технічна швидкість;

T_K – проектний строк служби деталі;

f_ε – ефективна частота процесу,

$$f_\varepsilon = \frac{a}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{CT}}}, \quad (6)$$

де: a – коефіцієнт, згідно стандарту [1];

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

f_{CT} – статичний прогин ресорного підвішування або його еквівалент для необресорених частин візка.

Оцінки динамічної складової напружень у несучих конструкціях візків були проведені за наведеними рівняннями для всіх дослідних місць двох рам (1 – 18). Вагові коефіцієнти P_{vi} та K_{yrj} приймалися згідно рекомендацій стандарту [1]. Значення σ_{ai} та P_{σ_i} визначено з даними тензометричних вимірювань. Значення $\sigma_{a,N}$ прийнято у розмірі 102 МПа. Допустимий коефіцієнт запасу опору втомі металоконструкції прийнято $[n] = 1,7$ [2-9].

На основі отриманих напружень, приведені у таблицях 2 та 3, виміряних ефективних частот коливань проведено оцінку опору втомі дослідних місць візків, через 41 рік після їх побудови. Розраховані з використанням отриманих дослідних даних коефіцієнти запасу опору втомі несучих рам візків типу КВЗ-ЦНИИ спеціалізованих пасажирських вагонів відповідають рекомендованим рівням $[n] > 1,7$, при продовженні терміну їх служби понад 41 рік [2-9]. Це дає змогу рекомендувати поетапне продовження строків експлуатації технічно справних рам візків типу КВЗ-ЦНИИ пасажирських вагонів спеціалізованого рухомого складу, без надлишкових витрат на їх повне оновлення.

Висновки

За результатами ходових міцнісних випробувань візків типу КВЗ-ЦНИИ, що використовуються під спеціальним пасажирським рухомим складом понад 41 рік, можливе поетапне продовжування подальших термінів служби цих візків під пасажирськими вагонами спеціального призначення.

Література

1. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахування та проектування механічної частини вагонів: ДСТУ 7774:2015. – [Чинний від 2016-04-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 145 с. – (Національний стандарт України).

2. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що виступили призначений термін, з метою його продовження: ЦД-0070. – [Нескінченне джерело]. – Київ: 2008. – 60 с. – (Галузевий нормативний документ).

3. Дьомін Ю.В. Розрахунково-експериментальний метод оцінки динамічних якостей рухомого складу / Ю.В. Дьомін, Г.Ю. Черняк // *Залізничний транспорт України*. – 2011. – № 2. – С. 7 - 11.

4. Гриндей П.О. Експериментально-розрахунковий метод оцінювання несучої здатності конструкцій рухомого складу залізниць / Гриндей П.О., Гриндей О.О., Черняк Г.Ю. / Конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології», Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія», Київ: ДЕДУТ, 2013. – С. 25–26.

5. Расчет вагонов на прочность / Вершинский С.В. [и др.]; под ред. Л.А. Шадура. – Москва: Машиностроение, 1971. – 432 с.

6. Гриндей П.О. Порівняння методів оцінювання втомного ресурсу несучих конструкцій рухомого складу залізниць / П.О. Гриндей, О.О.Гриндей, Г.Ю. Черняк / 11-й Міжнародний симпозіум українських інженерів - механіків у Львові: тези доповідей. – Львів, 15–17 травня 2013. – С. 66 – 67 .

7. Мостович А.В. Удосконалення методів і засобів експериментальної оцінки показників безпеки руху та плавності ходу залізничного рухомого складу: дис. кандидата технічних наук: 05.22.07 / Мостович Анастасій Валентинович. – Сєвєродонецьк, 2016. – 276 с.

8. Определение усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов по результатам ходовых испытаний / Е.П. Блохин, Ю.М. Черкашин, Л.А. Манашкин, [и др.]. Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2005. – № 4. – С. 3 - 6.

9. Радкевич М.М. Дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації некупейних пасажирських вагонів побудови КВЗ / М. М. Радкевич, С.Ю. Сапронова, В.П. // *Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. – 2020. – Вип. 36. – С. 54 - 62.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Радкевич Микола Миколайович, головний фахівець відділу контролю технічного стану вантажних вагонів Управління контролю технічного стану Науково-впроваджувального центру (НВЦ) філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТИ) АТ «Українська залізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: + 38 044 465 68 28.
E-mail: radkevichm1520mm@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9598-5022>.

Петренко Вячеслав Олександрович, директор філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 452 62 02.
E-mail: petrenko1520mm@gmail.com.

Прокопенко Павло Миколайович, начальник науково-дослідного відділу динаміки та міцності Управління інжинірингу НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 021 11 97.
E-mail: prokopenko1520mm@gmail.com.

Кошель Олексій Олександрович, начальник Управління контролю технічного стану НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: + 38 044 465 35 18.
E-mail: koshela1520mm@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7849-9361>.

Кара Сергій Віталійович, к.т.н., начальник Управління інжинірингу НВЦ філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця». Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна. Тел.: +38 063 452 62 52.
E-mail: kara1520mm@gmail.com.

УДК 624.21

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-31-37

*Інженери Демченко С. М., Курган А. М.
Канд. техн. наук Линник Г. О.*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УКЛАДАННЯ БЕЗБАЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТАХ

Ключові слова: залізничний міст, безбаластне мостове полотно, болт регулюючий, регулюючий пристрій, шпилька високоміцна, прокладний шар, швидкотвердіюча суміш, випробування.

Вступ та постановка проблеми

На даний час на магістралях світу використовуються дві принципово різні конструкції залізничної колії: традиційна залізнична колія на баласті та безбаластна. В терміні «безбаластна колія» поєднується декілька доволі різних конструкційних рішень. В основному це стосується конструкції підрейкової осно-

ви: колія може бути на окремих опорах (на шпалах, напівшпалах або спеціальних блоках) або на безперервній основі у вигляді плит. Зі світового досвіду відомо, що витрати на поточне утримання ділянок колії, укладених на жорстку основу, в 3–5 рази менші, ніж для класичної будови залізничної колії – на земляному полотні. Ці обставини сприяли тому, що все частіше вибір конструкції колії на мостах був на користь жорсткої основи.

Безбаластне мостове полотно (далі – БМП) на залізобетонних плитах широко застосовують на металевих залізничних мостах (рис. 1). Воно має високу стабільність положення елементів і тривалий термін використання, захищає від забруднення і корозії верхні пояси балок моста і в'язі між ними, дає можливість замінити мостове полотно на дерев'яних поперечинах без зміни відмітки головки рейки на мосту та підходах, є економічним за сумарною вартістю виготовлення, укладання та експлуатації протягом усього терміну служби мосту, в порівнянні з типовим мостовим полотном на дерев'яних поперечинах.



Рис. 1 – Укладання мостового полотна на безбаластних мостових плитах

На залізничних мостах АТ «Укрзалізниця» експлуатується більше 25 км мостового полотна на дерев'яних брусах, які в плановому порядку потребують заміни на залізобетонні плити. Існуюча технологія укладання безбаластного мостового полотна на залізобетон-

них плитах трудомістка, для реалізації вимагає значних за часом технологічних вікон в русі поїздів і тому потребує удосконалення.

На сьогодні у якості прокладного шару, через який залізобетонні плити безбаластного мостового полотна з'єднують з поздовж-

німи балками прогонової будови мосту, використовують прокладки з твердих порід дерева (переважно дубові) та пластини з гумово-кордової транспортерної стрічки товщиною 8-10 мм. Однак, з досвіду експлуатації такої конструкції відомо, що використання дерев'яних прокладок має ряд недоліків: неможливість досягнення проектної точності укладання плит типу БМП (± 1 мм); значні трудовитрати на виготовлення прокладок, зважаючи на те, що практично кожна прокладка має індивідуальні розміри, потребує відповідного маркування; вимагає значних трудовитрат на підгонку прокладок «по місцю» у місцях зміни товщини верхнього горизонтального листа поздовжніх балок, розміщення «рибок», стикових накладок, заклепок, високоміцних болтів. Крім того, навіть антисептовані прокладки з твердих порід дерева мають проектний термін служби не більше 10–15 років, що втричі менше строку служби плит.

З урахуванням вище перелічених недоліків було встановлено, що технологія укладання безбаластного мостового полотна на плитах БМП та конструкція прокладного шару потребує удосконалення. Вирішення вищезазначеної проблеми можливе шляхом заміни дерев'яних прокладок на швидкотвердіючі високоміцні підливні суміші, з установкою плит у проектне положення з використанням спеціальних регулюючих пристроїв.

Основний матеріал

Дослідження щодо удосконалення технології укладання безбаластного мостового полотна на залізничних мостах виконувались фахівцями СП «Дніпровське науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства» (НКТБ КГ) філії «Науководослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКІТ) АТ «Укрзалізниця» у тісній співпраці з працівниками філії «Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал» та фахівцями Департаменту колії та споруд АТ «Укрзалізниця».

Створення регулюючого пристрою для установки плит мостового полотна

Роботи зі створення регулюючого пристрою для установки плит мостового полотна розпочалися з визначення основних вимог до його геометричних параметрів та міцнісних характеристик. Такий пристрій повинен відпо-

відати діючим вимогам з укладання та експлуатації БМП на залізобетонних плитах [1] та існуючих проектів укладання плит безбаластного мостового полотна; забезпечувати встановлення плити БМП у проектне положення по вертикалі з точністю ± 1 мм та витримувати навантаження від власної ваги й рухомого складу, що застосовується під час укладання і рихтування мостового полотна; забезпечувати при встановленні плити у проектне положення зазор між верхом поздовжньої балки моста та нижньою гранню плити в межах від 20 до 75 мм. Додатково враховувалися складність та вартість виготовлення складових частин регулюючого пристрою, його взаємодія з існуючою плитою типу БМП та інше. Запропонований авторами регулюючий пристрій складається з болта типу БР (далі – болт) та закладної деталі для вгвинчування в неї болта, яка входить до складу залізобетонної плити безбаластного мостового полотна. Загальний вигляд регулюючого пристрою наведено на рисунку 2.

Регулюючий болт виготовлено зі сталі 45 за ГОСТ 1050-2013 [2] довжиною 270 мм і різьбою М22, що забезпечує можливість встановлення плити БМП при її монтажі у проектне положення та надає змогу розміщення опалубки для заливки швидкотвердіючої безусадочної суміші для з'єднання цих плит зі сталевими балками прогонової будови моста.

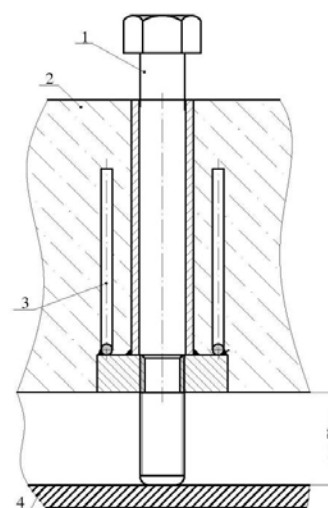


Рис. 2 – Регулюючий пристрій для установки плит БМП:

1 – болт регулюючий типу БР; 2 – плита БМП; 3 – опора закладна; 4 – балка моста

Застосування регулюючого пристрою призвело до необхідності модернізації існуючого типу залізобетонних плит безбаластного мостового полотна. Під час досліджень за основу взята плита типу БМП-КР, яка передбачає використання у якості охоронних пристроїв контруктники або контррейки типу Р50. Загальний вид плити БМП-КР з контррейкою наведено на рис. 3а.

Після виконання проектних робіт щодо розміщення закладної деталі в тілі плити БМП-КР була розроблена модернізована плита БМП-КРм (далі – модернізована плита) [3]. Загальний вид модернізованої плити наведено на рис. 3б. Кількість та розміщення регулюючих пристроїв на одній модернізованій плиті залежить від її типорозміру – від 4-х до 6-ти.

Перевірка працездатності плити БМП-КРм разом з регулюючим пристроєм

Для перевірки працездатності плит БМП-КРм з регулюючим пристроєм були проведені лабораторні й заводські випробування. Лабораторні випробування проводились на виробничій базі філії «Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал», відповідно

до затвердженої програми та методики лабораторних випробувань [4]. Була розроблена схема лабораторних випробувань (рис. 4а) та побудовано стенд (рис. 4б), який дозволяє відповідно до вимог [4], здійснювати навантаження на плиту БМП-КРм, встановлену на регулюючі болти типу БР.

Випробування нового регулюючого пристрою відбувались наступним чином. Плиту БМП-КРм було встановлено на випробувальний стенд. Плита опиралась на поздовжні балки через регулюючі болти, вкручені до упору, що забезпечувало максимальний зазор між плитою і поздовжньою металевою опірною балкою. Розрахункове навантаження становило 120 кН. Навантаження забезпечувалось гідравлічною системою стенда і передавалось на плиту через змонтовані на плиті рейки. Зусилля прикладалось у двох точках на кожну рейку, симетрично відносно поздовжньої вісі плити (рис. 4). При навантаженні 137 кН на кожну точку сталась втрата стійкості регулюючих болтів БР, без руйнування бетону на поверхні плити (рис. 5). Сумарне навантаження на кожну рейку склало 274 кН, на всю плиту – 548 кН.

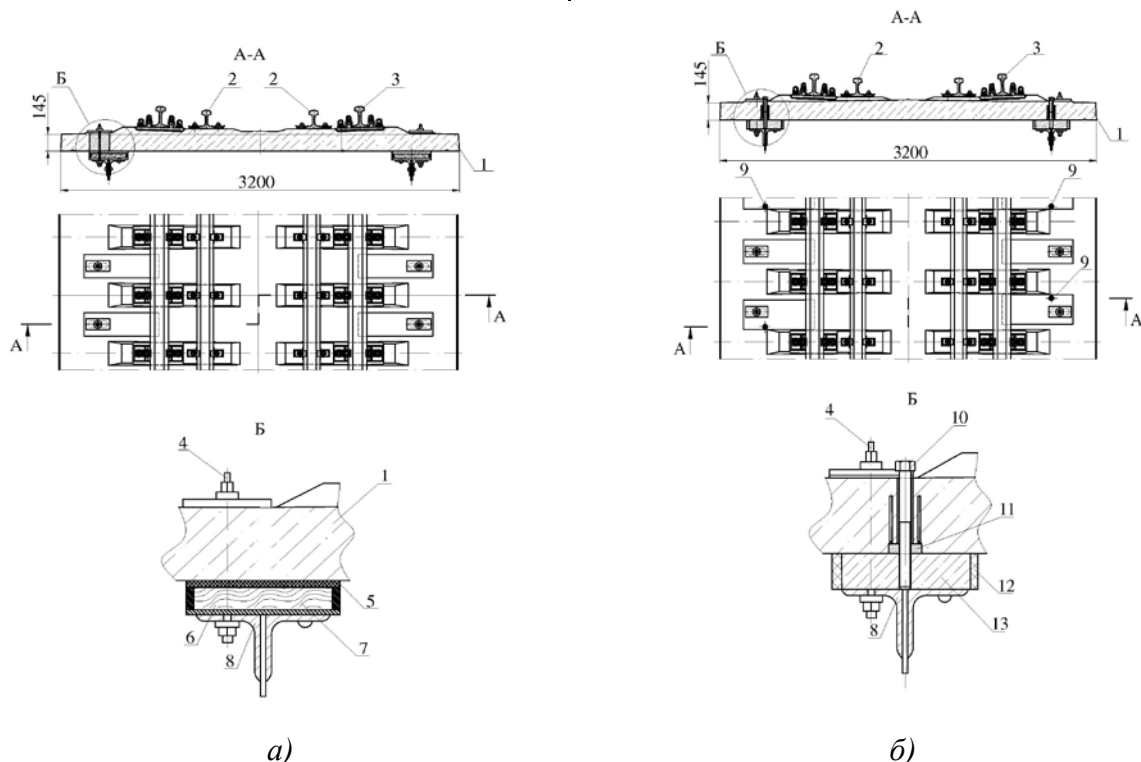
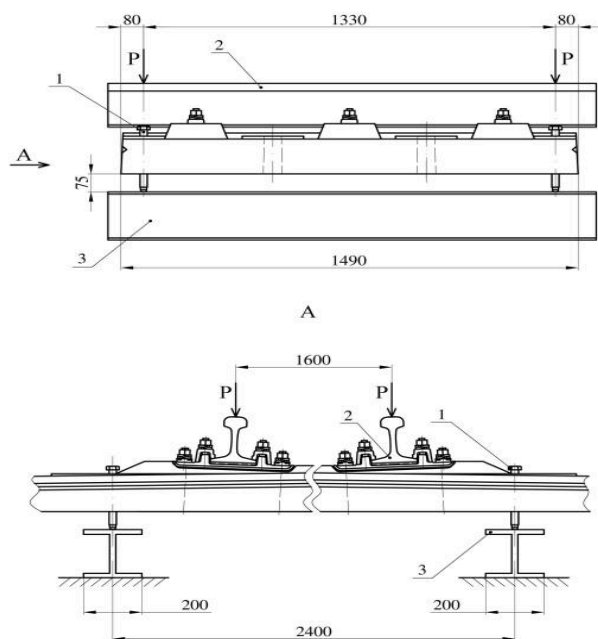


Рис. 3 – Плита мостового полотна типу БМП-КР (а) і БМП-КРм (б):

1 – безбаластна залізобетонна плита; 2 – контррейка; 3 – рейка зі скріпленням; 4 – високоміцна шпилька кріплення плити; 5 – гума; 6 – дерев'яна опорна прокладка; 7 – прокладний шар з твердих порід дерева; 8 – поздовжня балка моста; 9 – отвори під болти БР; 10 – болт типу БР; 11 – закладна деталь плити; 12 – незнімна опалубка зі спіненого поліетилену; 13 – прокладний шар зі швидкотвердіючої безусадочної суміші

Позитивний результат випробувань дав можливість перейти до розгляду можливостей використання незнімної опалубки та швидкотвердіючої безусадочної суміші за-

мість прокладних брусів, у взаємодії з регулюючими болтами типу БР, при монтажі плит БМП на залізничних мостах.



а)



б)

Рис. 4 – Схема навантаження плити типу БМП-КРМ (а) і встановлення її на стенді (б):
1 – болт регулюючий, 2 – рейка типу Р65, 3 – металева балка;
Р – напрямки дії сил навантаження



Рис. 5 – Втрата стійкості регулюючого болта типу БР плити БМП-КРМ при граничному навантаженні на стенді

Використання незнімної опалубки та швидкотвердіючої безсадочної суміші з регулюючими болтами типу БР при укладенні плит мостового полотна типу БМП-КР

Конструкція опалубки складається з елементів, виготовлених зі спіненого поліетилену, які своїми геометричними параметрами повторюють профіль сталюї балки прогонової будови моста. Якісні характеристики прокладного шару впливають на вузол кріплення залізобетонних плит до сталюї балки прогонової будови [5, 6] та на можливість використання приварних шпильок під час виконання робіт із заміни мостового полотна, коли час у «вікні» на роботи має обмеження. При виконанні цих робіт були взяті до уваги результати попередніх натурних та чисельних досліджень напружено-деформованого стану шпильки кріплення плит мостового полотна з врахуванням різних типів прокладного шару, що надало можливість величину навантаження, що діє на приварну шпильку, суттєво зменшити, шляхом збільшення жорсткості прокладного ша-

ру, тобто за допомогою застосування безсадочних швидкотвердіючих сумішей [7].

З огляду на необхідність скорочення тривалості технологічних «вікон» на виконання робіт з монтажу плит БМП-КР та забезпечення довговічності, міцності прокладного шару були визначені наступні технічні вимоги до швидкотвердіючої безсадочної суміші: міцність на стиск через 2 години не менше 8 МПа, через 24 години – 20 МПа і через 28 діб – 60 МПа; усадка через 56 діб $< 0,1\%$; термін служби не менше 40 років; водонепроникність; морозостійкість не менше F 200; відповідність вимогам з тріщиностійкості протягом всього строку експлуатації.

При проведенні випробувань з монтажу плит БМП-КР використовувались полімерцементні розчини Minotop 60, Minobond, Minobond HF, які заливались в зазор між плитою і поздовжньою балкою моста через отвори для високоміцних шпильок (рис. 6). Крім того, при проведенні лабораторних досліджень визначалась можливість використання незнімної опалубки зі спіненого поліетилену товщиною $B_{\min} = 160$ мм, встановлення яких показано на рисунку 7.



Рис. 6 – Заливка під плиту типу БМП-КР, через отвори для шпильок, швидкотвердіючої безсадочної суміші

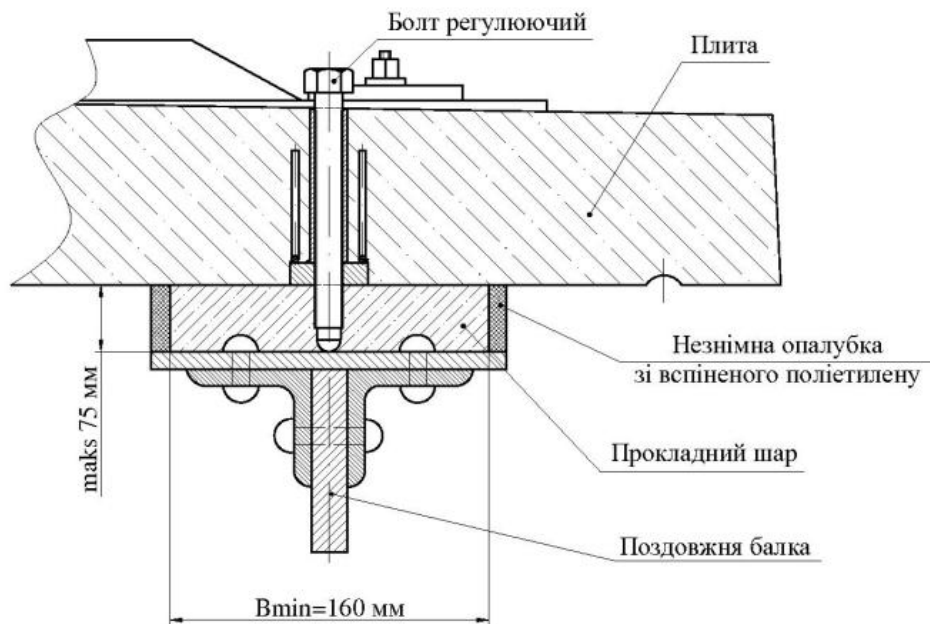


Рис. 7 – Огородження незнімною опалубкою швидкотвердіючої безусадочної суміші під плитою мостового полотна

За результатами проведених досліджень оптимальним для використання визначено полімерцементний розчин – Minobond HF, який протягом двох годин набрав міцність 7,6 МПа при температурі навколишнього середовища 14 °С, що практично відповідає нормативній міцності – 8 МПа при температурі навколишнього середовища 30 °С. Таким чином, випробування, проведені згідно з затвердженою програмою та методикою [8], підтвердили відповідність дослідних зразків плит виробництва філії «Старокостянтинівський завод залізобетонних шпал» типу БМП-КРм, з елементами регулювання їх проектного положення, вимогам відповідної конструкторської та технічної документації. Регулюючі болти типу БР можуть використовуватись також у подальшому під час виконання робіт з укладання плит безбаластного мостового полотна типу БМП-КРм на металевих залізничних мостах.

Висновки

1. Вузол регулювання положення у профілі плит безбаластного мостового полотна витримав лабораторні та заводські випробування і забезпечує регулювання товщини прокладного шару під плитою до 75 мм.

2. Незнімна опалубка зі спіненого поліетилену забезпечує влаштування прокладного шару товщиною 25–75 мм та надійно утримує під плитами мостового полотна швидко-

твердіючу безусадочну суміш Minobond HF під час її заливки та набору міцності.

3. Застосування плит типу БМП-КРм разом з незнімною опалубкою зі спіненого поліетилену значно скорочує трудовитрати з влаштування безбаластного мостового полотна на залізобетонних плитах, а використання у якості прокладного шару швидкотвердіючої безусадочної суміші Minobond-HF дозволяє виключити з конструкції мостового полотна недовговічні прокладні елементи з деревини і забезпечити проектний термін експлуатації прокладного шару та однаковий термін експлуатації плит.

4. Доцільне проведення тривалих експлуатаційних випробувань залізобетонних плит типу БМП-КРм, з використанням розроблених регулюючих пристроїв, незнімної опалубки зі спіненого поліетилену та швидкотвердіючої безусадочної суміші Minobond HF, за результатами яких будуть отримані остаточні рекомендації щодо удосконалення технології укладання безбаластного мостового полотна на металевих залізничних мостах.

Література

1. Інструкція з укладання та експлуатації безбаластного мостового полотна (БМП) на залізобетонних плитах: ЦП-0137; затв. наказом Укрзалізниці № 682-ЦЗ від 07.12.2005. – Київ: ТОВ «Швидкий рух», 2006. – 100 с.

2. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия (с Поправкой): ГОСТ 1050-2013. - [Чинний від 01-01-2015]. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 32 с. (Міждержавний стандарт).

3. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006. - [Чинний від 01-02-2007]. – Київ: Мін.буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с. (Галузевий стандарт).

4. Плити залізобетонні безбаластного мостового полотна залізничних мостів з елементами регулювання їх проектного положення. Програма та методика лабораторних випробувань дослідних зразків: У 7012.02.000 ПМ; затв. 15.11.2017. – Дніпро: НКТБ КГ, 2017. – 19 с.

5. Напружено-деформований стан залізобетонної плити безбаластного мостового полотна / О. Л. Закора, С. В. Ключник, Г. О. Линник, М. П. Дитиненко, Д. Л. Івашкевич, О. А. Забіяка // Вісн. Дніпропетр. нац. універ. залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 39. – С. 47-50.

6. Систематизація пошкоджень залізобетонних плит безбаластного мостового полотна залізничних мостів / А. А. Плугін, С. В. Мірошніченко, О. А. Забіяка, Г. О. Линник, А. І. Бабенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 109. – С. 120-130.

7. Линник Г. О. Дослідження місцевих деформацій бетонного прокладного шару при використанні мостового полотна на плитах БМП / Г. О. Линник // Вісн. нац. універ. «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – Львів: НУЛП, 2010. – № 662. – С. 293-296.

8. Плити залізобетонні безбаластного мостового полотна залізничних мостів з елементами регулювання їх проектного положення. Програма та методика попередніх (заводських) випробувань дослідної партії: У 7012.02.000 ПМ1; затв. 15.11.2017. – Дніпро: НКТБ КГ, 2017. – 27 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демченко Сергій Миколайович,
начальник структурного підрозділу (СП)
«Дніпровське науково-конструкторське
технологічне бюро колійного господарства»
(ДНКТБ КГ) філії «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний інститут залі-
зничного транспорту» (НДКТІ)
АТ «Укрзалізниця».
Пл. Вокзальна, 11-Ж, Дніпро, 49000, Україна.
Тел.: +38 056 793 23 60.
E-mail: s.demchenko@dp.uz.gov.ua.

Курган Антон Миколайович
заступник начальника СП «Дніпровське
НКТБ КГ» філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».
Пл. Вокзальна, 11-Ж, Дніпро, 49000, Україна.
Тел.: +38 056 793 23 47.
E-mail: a.kurgan@dp.uz.gov.ua.

Линник Георгій Олегович,
к. т. н., заступник директора Департаменту
колії та споруд АТ «Укрзалізниця».
Вул. Є. Гедройця, 5, Київ, 03150, Україна.
Тел.: +38 044 465 03 54.
E-mail: georgiylinnik@gmail.com.

РЕКЛАМА В ЖУРНАЛІ «ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ»

З питань розміщення реклами в науково-практичному журналі

«Залізничний транспорт України»,

який видається філією «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний
інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця»,

звертайтеся на ім'я директора філії, за адресою:

03038, м. Київ, вул. І. Федорова, 39 або в редакцію журналу, за телефоном

+38 (044) 309-68-93 чи на електронну пошту журналу:

ztu1520mm@gmail.com

УДК 625.151

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-38-48

Канд. техн. наук Мойсеєнко К. В.

ПРИВЕДЕНІ ВЕРТИКАЛЬНІ ЖОРСТКОСТІ КОЛІЇ В МЕЖАХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БРУСАХ (ПРЯМИЙ НАПРЯМОК), РОЗРАХОВАНІ ЗА ДАНИМИ НАТУРНИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

Ключові слова: залізнична колія, стрілочний перевід, залізобетонні бруси, приведена вертикальна жорсткість, натурні випробування.

Вступ

Сучасна обчислювальна техніка дозволяє порівняно легко застосовувати для дослідження взаємодії залізничної колії та рухомого складу в межах стрілочного переходу дуже деталізовані математичні моделі, результати розрахунку за якими можуть бути максимально близькими до натурних випробувань. Це дає змогу реалізувати в моделі екіпажа, який прямує стрілочним переходом, зумовлені конструкцією переходу [1, 2] жорсткості колії, різні для контррейкової і хрестовинної ниток та змінні по довжині переходу, але створює проблему отримання необхідних вихідних даних у тому вигляді, який відповідає моделі.

Цілком природно, що, з огляду на конструкцію стрілочного переходу на залізобетонних брусах або плитах, найчастіше його моделюють у вигляді двох мас (верхня – рейковий елемент, нижня – залізобетонна основа) та з'єднувальних елементів і гасників коливань між ними й нерухомою основою (рис. 1). Зазвичай застосовують дискретну модель колії з параметрами, приведеними до кожного колеса екіпажа [1, 3-5].

Теоретичну методику визначення жорсткості колії по довжині стрілочного переходу з урахуванням особливостей його конструкції за умови однакової та незмінної по довжині переходу жорсткості основи під брусами запропонував професор Е. І. Даниленко [6]. У цій статті наведено методику й результати розрахунку приведених вертикальних

жорсткостей проміжного скріплення та баласту із земляним полотном по довжині стрілочного переходу на залізобетонних брусах, з використанням даних натурних і лабораторних випробувань.

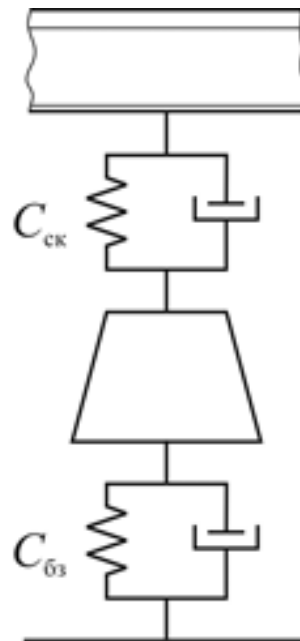


Рис. 1 – Модель колії в межах стрілочного переходу на залізобетонних брусах

Метою статті є запровадження в науковий обіг властивих стрілочному переходу на залізобетонних брусах вертикальних жорсткостей колії, які є різними для контррейкової та хрестовинної ниток і змінні по довжині переходу. Жорсткості приведені до колеса екіпажа й розраховані з використанням даних натурних і лабораторних випробувань.

Методика розрахунку приведених жорсткостей колії в межах стрілочного переходу на залізобетонних брусах

Приведені статичні вертикальні жорсткості скріплення ($C_{ск,i}$) і баласту із земляним полотном ($C_{бз,i}$) для контррейкової або хрестовинної нитки в перерізі, що проходить через вісь i -го бруса, визначимо за такими залежностями:

$$C_{ск,i} = k_i \cdot C_{ск,i}^{оп}, \quad C_{бз,i} = k_i \cdot C_{бз,i}^{оп}, \quad (1)$$

де: k_i – коефіцієнт, який вказує, у скільки разів статична жорсткість рейкової нитки, визначена по осі i -го бруса шляхом натурно-

го вимірювання, відрізняється від жорсткості одиночної опори під нею (i -го бруса);

$C_{ск,i}^{оп}$ – статична жорсткість вузла скріплення одиночної опори;

$C_{бз,i}^{оп}$ – статична жорсткість баласту із земляним полотном під i -м брусом.

Прийmemo, що значення жорсткості між брусами змінюються за лінійним законом.

Коефіцієнт (k_i) розрахуємо за формулою

$$k_i = \frac{\beta_i}{C_i^{оп}}, \quad (2)$$

де: β_i – жорсткість рейкової нитки на i -му брусі, отримана натурним вимірюванням;

$C_i^{оп}$ – жорсткість одиночної опори.

Жорсткість i -ї одиночної опори за відомим виразом дорівнює:

$$C_i^{оп} = \frac{U_i(l_i + l_{i+1})}{2}, \quad (3)$$

де: U_i – модуль пружності суцільної основи під металевими частинами стрілочного переводу, розрахований у місці розташування i -го бруса (металеві частини розглядаються як балка нескінченної довжини, укладена на рівнопружну основу);

l_i, l_{i+1} – відстані між i -м брусом та сусідніми, приймається за схемою розкладання брусів.

Згідно з дослідженням жорсткості стрілочного переводу на залізобетонних брусах [7] модуль пружності в місці розташування i -го бруса можна розрахувати за такою залежністю:

$$U_i = \sqrt[3]{\frac{\beta_i^4}{64E\alpha_i I_i}}, \quad (4)$$

де: E – модуль пружності рейкової сталі;

α_i – коефіцієнт, який враховує, наскільки незавантажені рейкові нитки впливають на жорсткість завантажених на i -му брусі і може змінюватися від 1 до 2 [7];

I_i – момент інерції металевих частин переводу (рамна рейка, рамна рейка з гостряком, хрестовина, колійна рейка з контррейкою) відносно горизонтальної осі на i -му брусі.

Щодо приведенного моменту інерції металевих частин ($\alpha_i I_i$) стрілочного переводу прийнято такі припущення: моменти інерції хрестовини та гостряка постійні по довжині; момент інерції хрестовини дорівнює подвійному моменту інерції рейки; на ділянці хрестовинної нитки між коренем гостряка й хрестовиною момент інерції дорівнює подвійному моменту рейки; на ділянці контррейкової нитки між коренем гостряка й контррейкою момент змінюється за лінійним законом – від подвійного моменту рейки в корені до моменту контррейки з рейкою; від заднього кінця хрестовини та від кінця контррейки до кінця переводу момент зменшується до моменту рейки за лінійним законом.

Для i -ї одиночної опори співвідношення її жорсткості та складових виразимо через відому формулу загальної жорсткості двох послідовно з'єднаних пружних елементів:

$$\frac{1}{C_i^{оп}} = \frac{1}{C_{ск,i}^{оп}} + \frac{1}{C_{бз,i}^{оп}}. \quad (5)$$

Жорсткість вузла скріплення ($C_{ск,i}^{оп}$) для ділянок стрілочного переводу, на яких застосовувалося звичайне скріплення типу КБ з двома прокладками, прийmemo за даними лабораторних досліджень.

Жорсткість вузла скріплення з однією прокладкою для i -ї одиночної опори визначимо за відомим виразом (підкладка працює як штамп)

$$C_{ск,i}^{оп} = \varpi_i \cdot C, \quad (6)$$

де: ϖ_i – площа спеціальної стрілочної підкладки на i -му брусі;

C – коефіцієнт постелі прокладки (сила, яка викликає одиничну деформацію одиниці площі прокладки) визначається лабораторним шляхом.

Після цього, знаючи загальну жорсткість і жорсткість вузла скріплення одиночної опори, отримаємо жорсткість основи під i -м брусом ($C_{бз,i}^{оп}$):

$$C_{бз,i}^{оп} = \frac{C_i^{оп} \cdot C_{ск,i}^{оп}}{C_{ск,i}^{оп} - C_i^{оп}}. \quad (7)$$

Вихідні дані

Натурні вимірювання вертикальної жорсткості стрілочних переводів на залізобетонних брусах, придатні для отримання детальних вертикальних приведених жорсткостей проміжного скріплення та баласту із земляним полотном по довжині стрілочного переводу, були виконані кафедрою «Колія та колійне господарство» та Колієвипробувальною галузевою науково-дослідною лабораторією Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту (ДІІТ) у першій половині 70-х років під час натурних випробувань на міцність дослідних звичайних одиночних стрілочних переводів на залізобетонних брусах марки 1/11 типу Р65 з підхилом

металевих частин і типу Р50 без підхилу [7, 8].

Перевід типу Р65 був укладений у колію 1970 або 1971 року, конструкція його металевих частин аналогічна металевим частинам переводу марки 1/11 типу Р65 з підхилом, що укладався на дерев'яних брусах [9, 10]. Перевід типу Р50 укладено 1975 року, його металеві частини були подібні до металевих частин серійного стрілочного переводу типу Р50 марки 1/11 на дерев'яних брусах колії 1520 мм [8, 9]. Характеристики обох переводів, відповідно до даних дослідження та довідників [8, 9, 11-13], наведено в таблиці 1.

Табл. 1 – Характеристики дослідних переводів

Характеристика	Стрілочний перевід типу	
	Р65	Р50
Ширина колії, мм	1 520	
Практична довжина, мм	34 483	33 525
Теоретична довжина, мм	28 048	26 902
Довжина переднього вильоту рамної рейки, мм	2 765	4 323
Початковий кут гостряка	0° 39' 11,83"	0° 40' 51,50"
Радіуси, мм: гостряка перевідної кривої	400 000*, 300 990 300 990	297 259 297 259
Гостряк: довжина, мм конструкція	12 500 Зі спеціального гострякового профілю, гнучкий	6 515 Зі спеціального гострякового профілю, жорсткий
Хрестовина: довжина, мм конструкція	6 832 Суцільнолита, без лафета	4 950 Збірна типу спільного відливка осердя з найбільш зношуваною частиною вусовика, без лафета
Довжина контррейки, мм	6 660	4 050

* – до перерізу головки гостряка 75 мм.

Відповідно до наявних даних [8, 10, 11], обидва комплекти залізобетонних брусів склалися з 81 бруса: для переводу типу Р65 довжиною від 2,75 м до 5,25 м, для переводу типу Р50 – від 2,75 м до 5,5 м. Бруси поперечно напружені, постійного трапецієподібного перерізу, висотою та шириною зверху 230 мм, шириною знизу 320 мм. На верхній постелі брусів зроблено виїмки для розташування в них підкладок і передачі горизонтальних

зусиль на бетон. Бруси розташовані симетрично відносно бісектриси кута переводу. Епюри розкладання брусів наведено на рисунку 2.

Металеві частини стрілочних переводів кріпилися до брусів за допомогою проміжного роздільного скріплення із закладними болтами та гумовими рифленими прокладками:

а) у передньому вильоті, з'єднувальній частині між хрестовиною та стрілкою, за хрес-

товиною й контррейкою – типу КБ з прокладками між підкладкою та брусом і рейкою та підкладкою;

б) у межах гострияка та на певній відстані за його коренем, під хрестовиною та на деякій відстані до та після неї, а також у межах контррейки – особливої конструкції, до складу якого входили спеціальні стрілочні підкладки, суттєво довші, ніж звичайні підкладки КБ-65 чи КБ-50, жорсткі клєми КС-1 (судячи зі світлин та рисунків, наведених у роботах [9, 10, 14]) та упорки різного типу. Прокладка між рейковим елементом і підкладкою відсутня, є лише прокладка між підкладкою та брусом.

На переводі типу Р65 товщина прокладок між підкладкою та брусом і рейкою та підкладкою становила 6 мм [14], на переводі типу Р50: між підкладкою та брусом – 14 мм, рейкою та підкладкою – 6 мм [8]. Переводи були укладені на щебеневий баласт з піщаною подушкою, загальна товщина якої для переводу типу Р65 становила 60...70 см [8, 14].

Жорсткість переводів у натурних умовах було визначено влітку за методикою ДПТУ, характерними рисами якої є: використання спеціальної вимірювальної системи з базисними точками електропрогиномірів, розташованими за межами баластної призми на відстані 1...1,5 м від рейки; застосування оригінального гідравлічного обладнання, змонтованого на базі критого чотиривісного вагона; запис результату вимірювання за допомогою двокоординатного самописа у вигляді графічної залежності вертикального переміщення рейки від сили. Під час вимірювання до рейкового елемента прикладалося статичне вертикальне навантаження величиною 140...160 кН у перерізах по осі бруса. Якісний аналіз отриманих залежностей $y=f(P)$ для переводу типу Р65 дозволив авторам апроксимувати їх чотирма прямолінійними ділянками в діапазонах навантажень 0...40 кН, 40...80 кН, 80...120 кН та 120...160 кН, для переводу типу Р50 – двома: 0...60 кН та 60...160 кН. На їхню думку, для досліджень взаємодії колії та рухомого складу найбільше підходять дані, отримані в діапазоні навантажень 80...120 кН [7, 8].

На рисунку 2 наведено результати визначення вертикальної жорсткості рейкових елементів обох переводів по прямому напрямку в діапазоні навантажень 80...120 кН для переводу типу Р65 і 60...160 кН – типу Р50.

По переводу типу Р65 на момент вимірювання було пропущено майже 60 млн т вантажу [7], визначення жорсткості переводу типу Р50 виконано не пізніше ніж через 3 місяці після його укладання [8]. У звіті про виконані дослідження [8] не наведено станцію, на якій був укладений перевід, але мало ймовірно, щоб дослідну конструкцію розмістили на вантажонапружений ділянці. Тому вважати, що процес стабілізації баласту на переводі типу Р50 за 3 місяці ще не завершився і він перебуває в неущільненому стані, – цілком правомірно. Дані по переводу типу Р65 були опубліковані в роботі [7], а по переводу типу Р50, на жаль, повністю раніше не публікувалися.

Вертикальна пружність гумових прокладок і скріплень, до складу яких вони входять, нелінійно залежить від навантаження, яке передається від рейки, і монтажних зусиль від клемних і закладних болтів (наочніше це спостерігається зі збільшенням товщини прокладок) [15-17]. Монтажне зусилля на один вузол скріплення залізобетонної шпали становить 15...20 кН [15, 18], це відповідає крутному моменту клемних і закладних болтів приблизно 120 Нм [19]. Зазвичай за розрахунковий приймається діапазон навантажень 40...80 кН (з урахуванням монтажних зусиль діапазон сил, у якому потрібно визначати жорсткість прокладок, дорівнюватиме 60...100 кН), це узгоджується з навантаженням, яке сприймає одиночна шпала від рухомого складу, а нелінійність залежності жорсткості від навантаження в цьому інтервалі – найменша [15, 16]. Слід наголосити, що таке навантаження на одиночну шпалу цілком корелює з розрахунковим діапазоном навантаження 80...120 кН (60...160 кН) на рейку, при якому визначалася жорсткість переводу.

Коефіцієнти постелі прокладок і жорсткості скріплень, залежно від товщини прокладок, визначені за даними лабораторних досліджень [15-17, 20] та наведені в таблиці 2. У більшості випадків коефіцієнт постелі прокладки розраховано шляхом ділення жорсткості прокладки відповідної товщини на її площу, а жорсткість скріплення – як загальну жорсткість двох послідовно з'єднаних пружних елементів, аналогічно наведені залежності (5). Під час розрахунків використовувалися середні значення жорсткостей.

Розміри спеціальних стрілочних підкладок обох дослідних переводів у літературі

знайти не вдалося. Для їх визначення скористаємося тим, що конструкція металевих частин переводів на залізобетонних брусах аналогічна конструкції металевих частин відповідних переводів на дерев'яних брусах, які виготовляли на той час серійно.

Довжини спеціальних підкладок залежать від місця укладання, конструкції та розмірів скріплення, за допомогою якого металеві частини переводу прикріплюються до підкладки, відстані між рейками (робочими гранями осердя хрестовини) та (або) ширини жолобів між вусовиком і осердям хрестовини (контр-

рейкою та колійною рейкою), розмірів закладного болта з гайкою, ізоляційної втулки та шайб скріплення типу КБ. У цій статті прийнято, що за коренем гострияка, перед хрестовиною і після неї спеціальні підкладки укладаються до тих пір, поки відстань між рейками прямої та бокової колії стане достатньою для укладання окремих підкладок типу КБ, а ширина шару бетону між їх краями становитиме 80 мм і більше. Довжини спеціальних підкладок під гострияком та за його коренем прийняті однаковими для обох рейкових ниток.

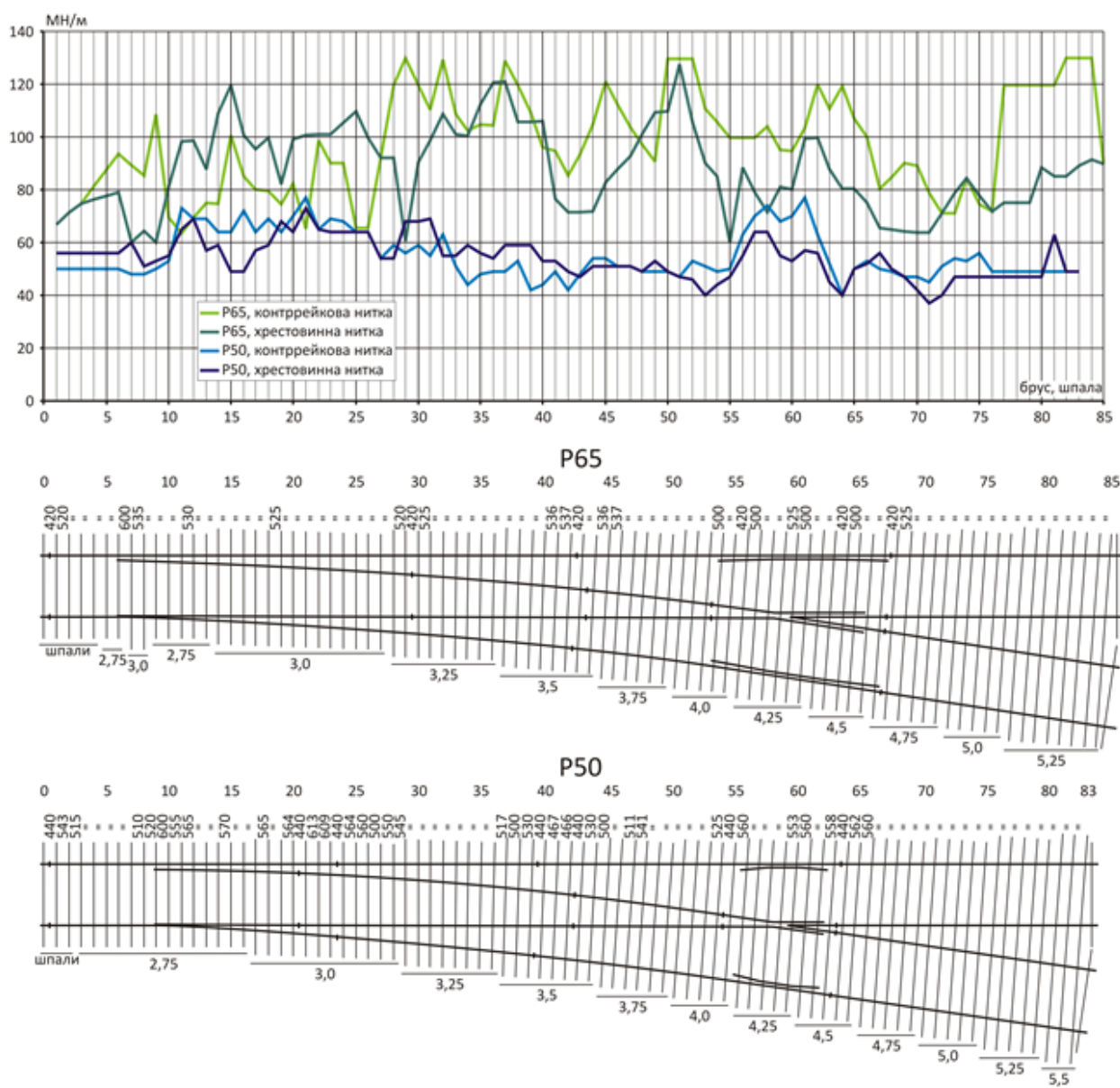


Рис.2 – Вертикальна жорсткість дослідних стрілочних переводів типів P50 і P65 на залізобетонних брусах (прямий напрямок)

Табл. 2 – Коефіцієнти постелі прокладок і жорсткості скріплення типу КБ з прокладками різної товщини

Показник	Величина за джерелом			
	[15]	[16]	[17]	[20]
Коефіцієнт постелі прокладки товщиною 6 мм, МН/м ³	5600	–	6500	7300
Коефіцієнт постелі прокладки товщиною 14 мм, МН/м ³	2300	–	3000	1700
Жорсткість скріплення з прокладками товщиною 6 мм, МН/м	103	–	125	–
Жорсткість скріплення з нашпальною прокладкою товщиною 14 мм, підрейковою – 6 мм, МН/м	68	102	91	–

Параметри, від яких залежить довжина підкладки, прийнято на підставі рисунків та світлин, наведених у роботах [9, 10, 14, 21], натурних вимірів (хрестовина типу Р50 марки 1/11, виготовлена в 1981 році) або визначено за загальновідомими формулами розрахунку одиночного звичайного стрілочного переводу. Розміри закладного болта з гайкою, ізоляційної втулки та шайб скріплення типу КБ запозичено з довідника [22]. Як приклад, на рисунку 3 наведено схему, яка використовувалася для визначення довжини спеціальної стрілочної підкладки, розташованої на 6-му брусі переводу типу Р65 (за основу взято рисунок 33 з роботи професора С. В. Амеліна [21]).

Мінімальні довжини підкладок розраховано для кожного бруса, межі отриманих величин залежно від частини переводу та номери брусів, на яких їх укладено, наведено в таблиці 3.

Ширина спеціальних стрілочних підкладок, розташованих під гостряком, для переводу типу Р65 становить 200 мм [21], типу Р50 – 180 мм [9]; решти спеціальних підкладок для обох переводів – 180 мм [9].

Моменти інерції металевих частин переводів відносно горизонтальної осі наведено в таблиці 4. Моменти інерції рейки, гостряка, контррейки спеціального профілю взято з довідника [12].

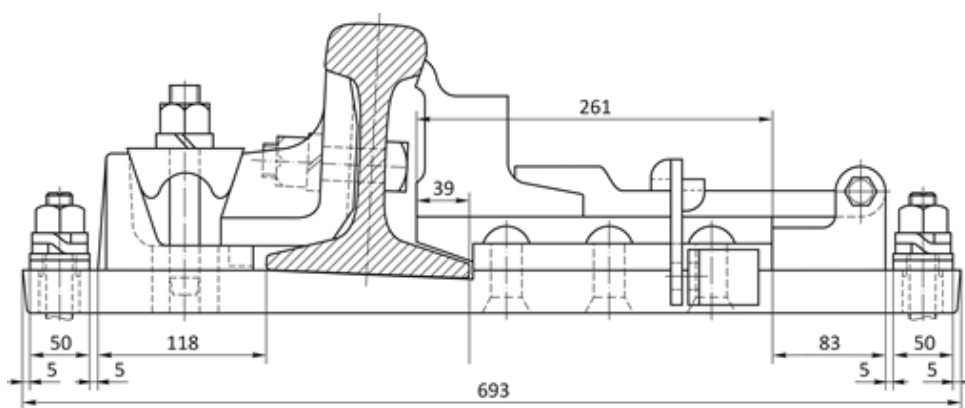


Рис. 3 – Приклад визначення довжини спеціальної стрілочної підкладки

Табл. 3 – Мінімальні довжини спеціальних стрілочних підкладок

Частина переводу	Стрілочний перевід типу			
	Р50		Р65	
	Номери брусів	Довжина, мм	Номери брусів	Довжина, мм
Гостряк та ділянка за його коренем	9-33	548-810	6-32	610-800
Хрестовина з прилеглими ділянками	52-70	470-814	52-71	680-809
Контррейка з колійною рейкою	56-62	440-481	53-67	467-533

Табл. 4 – Моменти інерції металевих частин переводів

Частина переводу	Момент інерції відносно горизонтальної осі, см^4 , для переводу типу	
	P50	P65
Рейка, рамна рейка	2 018	3 548
Гостряк з рамною рейкою	3 026	5 560
Контррейка з колійною рейкою	3 448	5 876

Результати розрахунків

Жорсткості скріплення та коефіцієнти постелі прокладок описуються не конкретними величинами, а певними інтервалами (див. табл. 2), тому приведені вертикальні жорсткості колії в межах обох дослідних стрілочних переводів отримано у вигляді функцій від довжини переводу, які характеризують мінімальні та максимальні значення жорсткостей.

Аналіз формул (1)–(7) дає підстави стверджувати, що максимальні значення приведеної жорсткості скріплення відповідають най-

більшим значенням жорсткості вузла скріплення й коефіцієнта постелі прокладки, мінімальні – найменшим. Для приведеної жорсткості баласту із земляним полотном під стрілочними переводами навпаки: найбільші значення отримаємо за найменших величин жорсткостей вузла скріплення і коефіцієнта постелі прокладки, найменші – за найбільших.

Результати розрахунків для дослідних переводів наведено на рисунках 4 і 5.

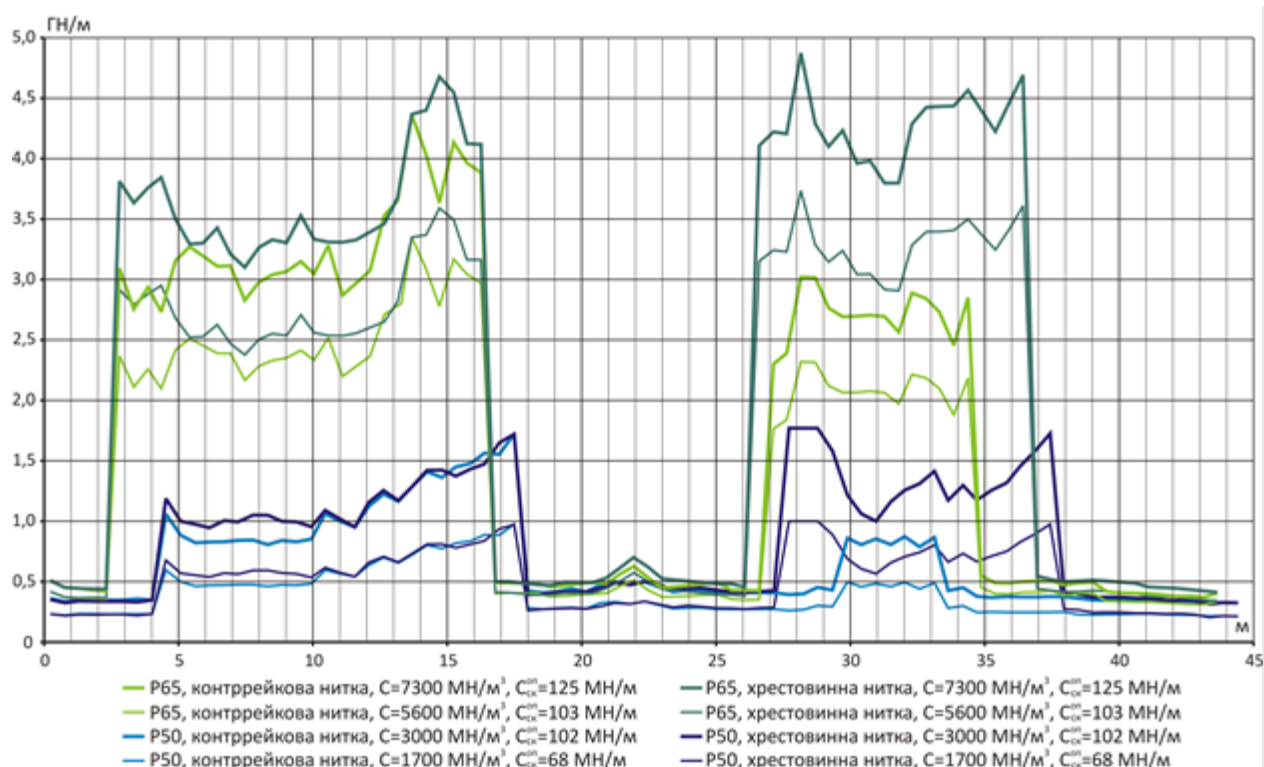


Рис. 4 – Приведені вертикальні жорсткості скріплення дослідних стрілочних переводів типів P50 і P65 на залізобетонних брусах (прямий напрям)

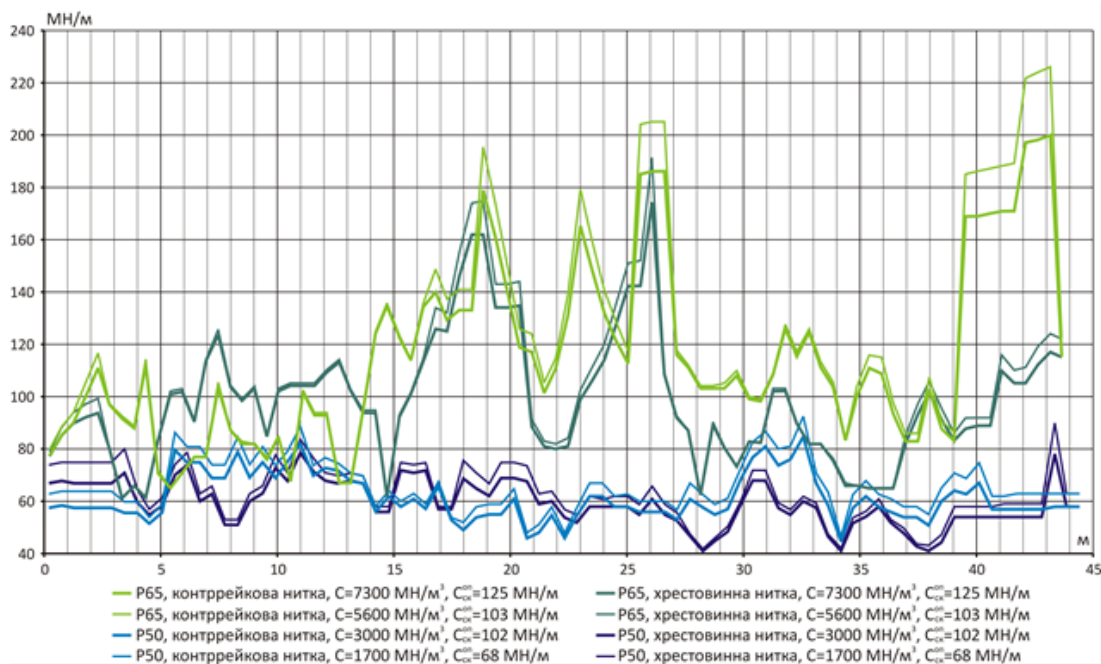


Рис. 5 – Приведені вертикальні жорсткості баласту із земляним полотном під дослідними стрілочними переводами типів P50 і P65 на залізобетонних брусах (прямий напрямок)

Ці дані підтверджують загальновідомі положення, що для стрілочного переводу на залізобетонних брусах приведена жорсткість скріплення залежить від жорсткості прокладок, а приведена жорсткість баласту із земляним полотном прямо пропорційна ступеню ущільнення баласту. Також одержані результати свідчать про те, що для стрілочного переводу на залізобетонних брусах величини приведеної жорсткості скріплення суттєво відрізняються на ділянках переводу, на яких застосовується звичайне проміжне скріплення та укладені спеціальні стрілочні підкладки. Ця різниця прямо пропорційна жорсткості прокладок.

Зважаючи на відсутність натурних даних щодо жорсткості сучасних серійних стрілочних переводів на залізобетонних брусах у достатньому для нашого дослідження обсязі та враховуючи отримані результати, спрогнозуємо межі приведених статичних вертикальних жорсткостей скріплення та баласту із земляним полотном по прямому напрямку для найпопулярнішого на залізницях України серійного переводу типу Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах – проекту 1740 та його аналогів.

У розрахунках використано залежності жорсткості рейкових елементів від довжини стрілочних переводів, наведені на рисунку 2. Для одержання максимальних значень задія-

но дані, характерні для переводу типу Р65, мінімальних – типу Р50. У разі незбігу розташування брусів переводу проекту 1740 і дослідних переводів необхідні дані одержано шляхом лінійної інтерполяції. Відстань між брусами прийнято згідно з інструкцією ЦП-0269 [23]. Відповідно до вимог стандарту ДСТУ 2805-94 [24] на залізобетонні бруси сучасних стрілочних переводів укладають рифлені гумові прокладки товщиною 10 мм, під рейку – товщиною 7 мм. За браком сучасних надійних даних для розрахунків прийнято, що коефіцієнт постелі прокладки товщиною 10 мм становить 1700...7300 МН/м³, а скріплення КБ з прокладками товщиною 10 мм і 7 мм – 68...125 МН/м. Розміри підкладок надано АТ «Дніпропетровський стрілочний завод».

Максимальні значення приведеної жорсткості скріплення для переводу проекту 1740 одержано за умови $C=7300 \text{ МН/м}^3$ і $C_{\text{ск},i}^{\text{оп}}=125 \text{ МН/м}$, мінімальні – при $C=1700 \text{ МН/м}^3$ і $C_{\text{ск},i}^{\text{оп}}=68 \text{ МН/м}$. Максимальні значення приведеної жорсткості баласту із земляним полотном – за умови $C=1700 \text{ МН/м}^3$ і $C_{\text{ск},i}^{\text{оп}}=68 \text{ МН/м}$, мінімальні – $C=7300 \text{ МН/м}^3$ і $C_{\text{ск},i}^{\text{оп}}=125 \text{ МН/м}$.

Отримані результати наведено на рисунках 6 і 7.

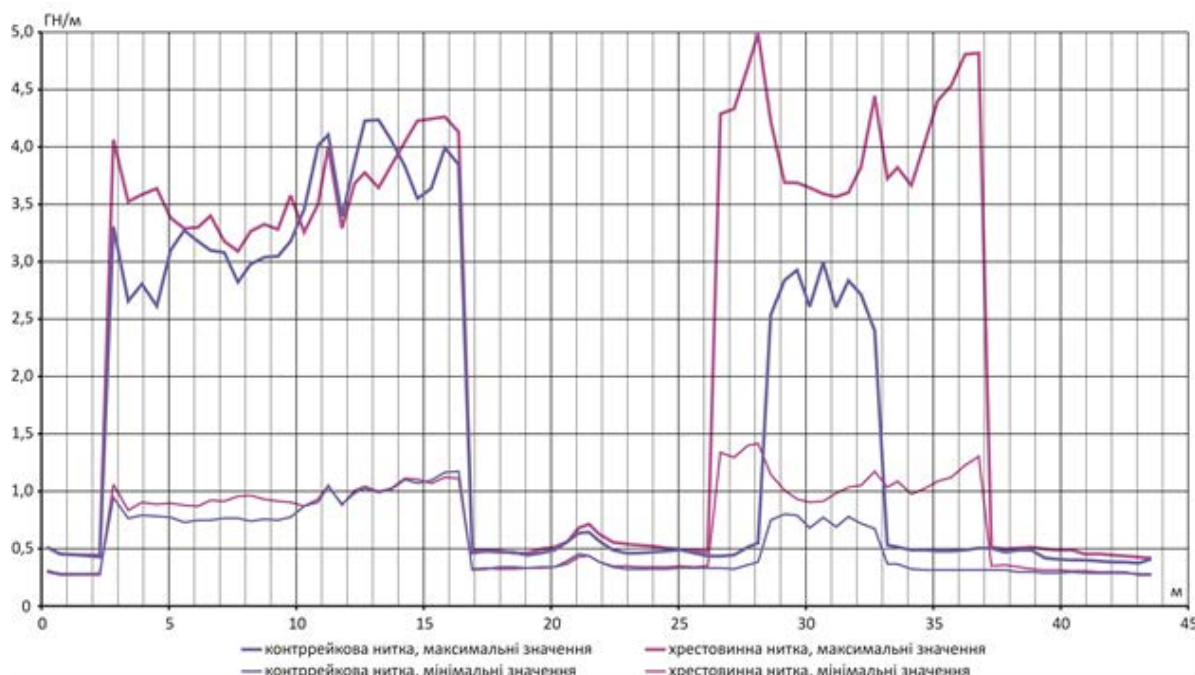


Рис. 6 – Межі приведених вертикальних жорсткостей скріплення стрілочного переходу типу Р65, проєкту 1740 на залізобетонних брусах (прямий напрям)

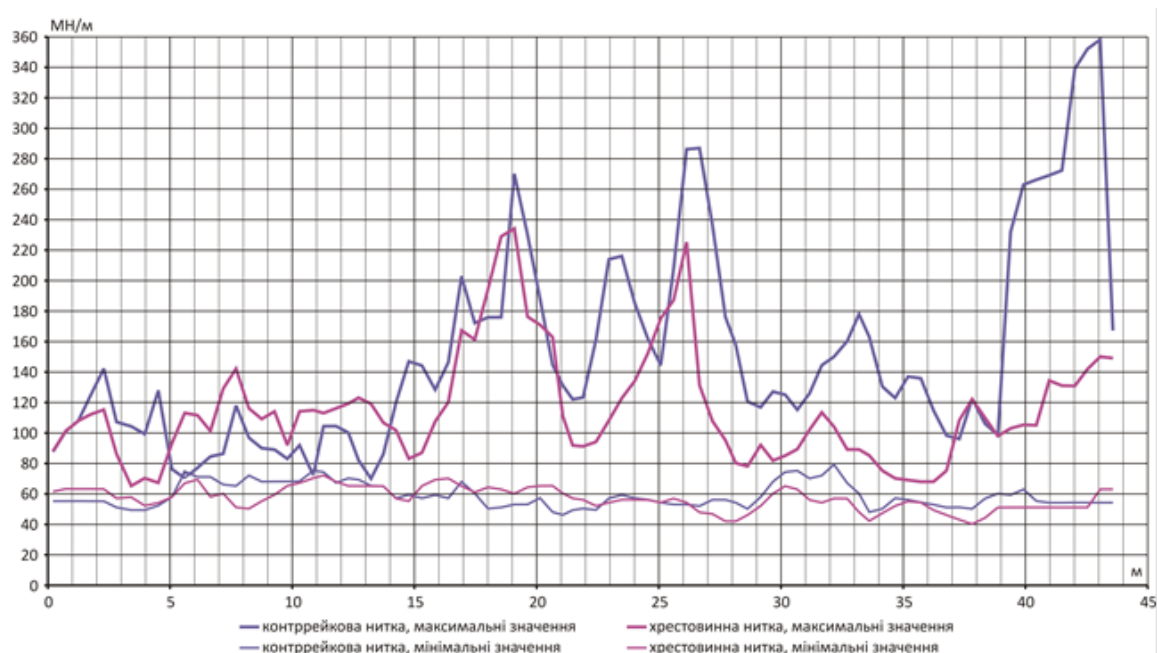


Рис. 7 – Межі приведених вертикальних жорсткостей баласту із земляним полотном під стрілочним переходом типу Р65, проєкту 1740 на залізобетонних брусах (прямий напрям)

Висновок

Наведені в цій роботі методика розрахунку й дані натурних вимірювань вертикальної жорсткості стрілочних переходів на залізобетонних брусах та результати лабораторних випробувань скріплення дозволяють детально розраховувати вертикальні приведені жо-

рсткості скріплення і баласту із земляним полотном стрілочних переходів на залізобетонних брусах, змінні по його довжині та різні для контррейкової та хрестовинної ниток. Використання цих даних сприятиме наближенню результатів теоретичних досліджень взаємодії колії й рухомого складу в межах

стрілочного переводу до результатів відповідних натурних випробувань.

Література

1. Фришман М. А. Выбор расчетной схемы для определения вертикальных сил при движении экипажа по стрелочному переводу / М. А. Фришман, Р. С. Липовский, В. П. Гнатенко, Н. П. Кущенко // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1975. – Вып. 167/16. – С. 25-30.

2. Вериго М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган; под ред. М. Ф. Вериго. – Москва: Транспорт, 1986. – 559 с.

3. Орловский А. Н. Обоснование выбора расчетной схемы для исследования взаимодействия колеса и пути в зоне неровностей / А. Н. Орловский, В. Н. Клименко // Вопросы путевого хозяйства и проектирования железных дорог. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1965. – Вып. 57. – С. 42-49.

4. Золотарский А. Ф. Железобетонные шпалы для рельсового пути / А. Ф. Золотарский, Б. А. Евдокимов, Н. М. Исаев, Л. Г. Крысанов, В. В. Серебренников, В. Ф. Федулов; под ред. А. Ф. Золотарского. – Москва: Транспорт, 1980. – 270 с.

5. Даниленко Э. И. Расчет сил взаимодействия пути и подвижного состава в пределах крестовины при помощи персональной ЭВМ / Э. И. Даниленко, К. В. Моисеенко // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава: межвуз. сб. трудов. – Днепропетровск: б/и, 1997. – С. 92-104.

6. Даниленко Э. И. Расчетно-теоретический метод определения упругодинамических параметров для обычной конструкции пути и многониточных путей / Э. И. Даниленко // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава: межвуз. сб. трудов. – Днепропетровск: б/и, 1997. – С. 32-41.

7. Фришман М. А. Вертикальная жесткость стрелочного перевода на железобетонных брусках / М. А. Фришман, А. Н. Орловский, Г. К. Жилин // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1974. – Вып. 148. – С. 3-9.

8. Исследование работы стрелочного перевода типа Р50 марки 1/11 на железобетонных брусках: отчет по НИР (заключит.) / Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта им. М. И. Калинина; рук. М. А. Фришман; исп.: А. Н. Орловский [и др.]. № госрегистрации 74044393. – Днепропетровск, 1975. – 233 с.

9. Симон А. А. Современные стрелочные переводы / А. А. Симон, Н. Н. Путря, Н. Н. Елсаков. – Москва: Транспорт, 1977. – 190 с.

10. Путря Н. Н. Стрелочные переводы с железобетонными брусками / Н. Н. Путря, Л. Г. Крысанов, Н. С. Евстифеев // Путь и путевое хозяйство. – 1971. – № 11. – С. 9-11.

11. Смыков Е. К. Опыт механизированной укладки перевода с железобетонными брусками / Е. К. Смыков, Е. И. Войтович // Путь и путевое хозяйство. – 1971. – № 11. – С. 11-14.

12. Справочник инженера-путейца: в 2 т. / под ред. В. В. Басилова и М. А. Чернышева. – Москва: Транспорт, 1972. – Т.1. – 768 с.

13. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути: ЦП-2913. – Москва: Транспорт, 1972. 223 с.

14. Исследование работы стрелочных переводов на железобетонных основаниях. Раздел: Динамические прочностные испытания стрелочного перевода на железобетонных брусках типа Р65 марки 1/11 с подуклонкой: отчет по НИР / Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта им. М. И. Калинина; рук. М. А. Фришман; исп.: А. Н. Орловский [и др.]. № госрегистрации 72023623. – Днепропетровск, 1971. – 305 с.

15. Лысюк В. С. Влияние жесткости и неровностей пути на деформации, вибрации и силы взаимодействия его элементов / под ред. В. С. Лысюка // Труды Всесоюзного научно-исследовательского институт железнодорожного транспорта. – 1969. – Вып. 370. – 270 с.

16. Евдокимов Б. А. Исследование вертикальной жесткости промежуточных скреплений типа КБ / Б. А. Евдокимов, Б. С. Куликовский // Вестник Всесоюзного научно-исследовательского институт железнодорожного транспорта. – 1972. – № 2. – С. 32-35.

17. Шахунянц Г. М. Некоторые вопросы исследования работы резиновых прокладок повышенной упругости для пути с железобетонными шпалами / Г. М. Шахунянц, А. А.

Демидов // Исследование работы скреплений и рельсов. Труды Московского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1971. – Вып. 354. – С. 3-76.

18. Исследование работы верхнего строения пути на монолитном железобетонном основании / под ред. Г. М. Шахунянца и М. А. Фришмана. – Днепропетровск: б/и, 1971. – 142 с.

19. Жилин Г. К. Теоретическое исследование работы скреплений под нагрузкой на переводе с железобетонными брусками / Г. К. Жилин, Н. П. Настечик // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1975. – Вып. 167/16. – С. 87-97.

20. Фришман М. А. Исследование деформативных свойств путевых прокладок / М. А. Фришман, Ю. Д. Волошко, Н. П. Настечик // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава. Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта. – 1975. – Вып. 167/16. – С. 8-20.

21. Амелин С. В. Соединения и пересечения рельсовых путей / С. В. Амелин. – Москва: Транспорт, 1968. – 262 с.

22. Каменский В. Б. Справочник дорожно-го мастера и бригадира пути / В. Б. Камен-

ский, Л. Д. Горбов. – Москва: Транспорт, 1985. – 487 с.

23. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України: ЦП-0269. – Затв. наказом Укрзалізниці від 01.03.2012 р. № 072-Ц. – Київ: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с. – (Галузевий норм. докум.).

24. Прокладки гумові для рейкової колії. Технічні умови: ДСТУ 2805-94. – [чинний від 1996-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 1996. – 50 с. (Національний стандарт).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мойсеєнко Костянтин Володимирович, к. т. н., доцент, провідний інженер-технолог відділу механізації колійних робіт структурного підрозділу «Дніпровське науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства» філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту»

АТ «Укрзалізниця».

Пл. Вокзальна, 11ж, м. Дніпро, 49038, Україна.

Тел.: +38 056 793 23 41.

E-mail: t.mala@dp.uz.gov.ua.

«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» ДЕ ПЕРЕДПЛАТИТИ ВИДАННЯ?

Оформити передплату на **науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України»** на поточні квартали 2021 року можливо у кожному поштовому відділенні України за **Каталогом видань України** або на **офіційному сайті ДП «Преса» www.presa.ua**.

Періодичність видання журналу – 4 рази на рік.

Передплатний індекс: для індивідуальних передплатників – 74126, для підприємств і організацій – 40294.

Передплату підприємства та фізичні особи також можуть **оформити на договірних умовах у видавця журналу** філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» за зверненням до директора по адресу:

03038, м. Київ, вул. Івана Федорова, 39.

Електронна пошта: ztu1520mm@gmail.com.

Тел.: +38 (044) 465-38-11; +38 (044) 309-68-93.

УДК 656.223:502.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62

Докт. техн. наук Ломотько Д. В.

Докт. техн. наук Огар О. М.

Канд. техн. наук Козодой Д. С.

Аспірант Байдіна К. С.

Аспірант Ломотько М. Д.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ ПРИ МУЛЬТИМОДА- ЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Ключові слова: залізниця, автотранспорт, контейнер, контрейлер, «зелена» логістика, мультимодальне перевезення, вплив на довкілля, вуглецеве забруднення повітря.

Вступ і постановка проблеми

Залізничний транспорт в Україні є основним гравцем на внутрішньому та зовнішньому транспортному ринку перевезень пасажирів і вантажів. Сучасні виклики ринку ставлять перед галуззю завдання перегляду підходів до виконання логістичних функцій в умовах збільшення конкуренції та зростання пріоритету екологічних показників перевезень.

Розвиток та покращення технології міжнародних та внутрішніх перевезень вантажів здійснюється шляхом використання мультимодальних, в першу чергу, контейнерних та контрейлерних перевезень. Інтенсифікація мультимодальних перевезень в Україні здійснюється відповідно напрямків Стратегії акціонерного товариства «Українська залізниця» (АТ «УЗ») на 2019-2023 роки [1] та орієнтується на збільшенні частки залізничного транспорту в перевезеннях.

Актуальність

Поява «зеленої» логістики, як концепції екологічно раціонального проектування та експлуатації логістичних систем, відноситься до методології сталого розвитку економіки. За оцінками фахівців на транспорт припадає приблизно 8 % всього вуглецевого забруднення атмосферного повітря на планеті, тому впровадження «зелених» технологій в логістичній діяльності дозволить зробити певні кроки до збереження клімату на планеті. У

зв'язку з цим дослідження та розвиток технологій комбінованого та мультимодального транспорту в Україні є актуальними.

Метою статті є розгляд перспектив застосування концепції «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях вантажів за участю залізничного транспорту.

Автомобільний транспорт, крім впливу на атмосферне повітря, пов'язаного з наслідками згоряння палива, надає значний негативний вплив у вигляді забруднення ґрунтів, водних ресурсів, акустичного забруднення довкілля.

Основними видами впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище є викиди твердих, рідких і газоподібних речовин до усіх компонентів довкілля, відчуження територій під інфраструктуру, споживання води, паливних ресурсів і електроенергії, шум і вібрація, потенційно небезпечні для навколишнього середовища перевезення вибухових, хімічних та інших небезпечних вантажів. Атмосферні викиди підприємств залізничного транспорту містять тверді речовини органічного та неорганічного походження, але у порівнянні із автомобільним транспортом шкідливий вплив залізничного транспорту на довкілля значно нижчий. В останні роки обсяг викидів від залізниць в атмосферу істотно скоротився завдяки впровадженню електротяги. Тому стратегічним напрямком розвитку «зеленої» логістики при вантажних перевезеннях є відмова або зменшення частки автоперевезень на користь більш екологічних залізничних перевезень. Це обумовлює необхідність більш докладного вивчення і подальшого розвитку теоретичних і практичних положень управління ланцюгами поставок на основі принципів «зеленої» логістики в умовах застосування мультимодальних перевезень.

Аналіз досліджень, публікацій та технологій

Дослідження проблем раціонального функціонування транспортного комплексу приділяли увагу такі вчені: Бутько Т.В., Данько М.І., Котлубай М.І., Мироненко В.К., Панченко С.В., Плужников К.І., Смахов А.О., Цветов Ю.М. та ін. В сфері експлуатації залізниць та мультимодальних перевезень відомими є праці таких вчених, як Альошинський Є.С., Бакаєв О.О., Дьомін Ю. В., Palanivelu P., Кулаєв Ю.Ф., Красноштан

О.М., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Прохорченко А.В., Самсонкін В.М. та ін. Проте недостатньо дослідженими залишаються проблеми функціонування транспортної системи та розвитку мультимодальних перевезень в умовах забезпечення прийняттого рівня екологічних показників.

Серед великих міжнародних компаній, що впроваджують концепцію «зеленої» логістики, можна назвати:

- Tesla inc – американська компанія, виробник електромобілів і екологічних рішень для зберігання електричної енергії;
- Deutsche Bahn Schenker Rail (Німеччина) – з проектом Eco Plus, який передбачає отримання електричного живлення на тягу поїздів з поновлюваних джерел енергії;
- Green Cargo Road & Logistics AB (Швеція) – застосовує енергозберігаючі локомотиви;
- DHL (Німеччина) – з сервісом GoGreen, який веде до зменшення викидів CO₂;
- K-Line (судноплавна компанія, Японія) – з інноваційної комп'ютерної системою, яка на основі моніторингу погодних та гідрографічних умов обирає екологічний режим роботи двигунів суден;
- Toyota (Японія) – що широко використовує вітряні електричні турбіни та сонячні панелі.

Основна частина

Основні історичні напрямки розвитку логістики міцно пов'язані з економічним зростанням та цифровізацією технологій. Минуло багато років з тих пір, як логістика стала розглядатися в якості ключового критерію ефективності бізнесу, але у цей період удосконалення логістики здійснювалось з суто комерційних причин. Інший бік проблеми полягає у тому, що протягом усіх цих років соціальні та екологічні витрати, які зараз є ключовими компонентами логістики, ігнорувались або враховувались частково. Лише в останні кілька років стурбованість екологічними складовими логістичних технологій, особливо в сфері транспортної логістики, є важливою частиною економічного добробуту країни та призвело до розвитку «зеленої» логістики (Green Logistics).

«Зелена» логістика приділяє увагу специфічним витратам, пов'язаним із змінами клімату, забрудненням повітря, води і ґрунту,

впливу шуму для досягнення стійкого балансу між показниками економіки, навколишнім середовищем та вимогам суспільства. Контейнерні та контрейлерні перевезення, у порівнянні із традиційними способами доставки, на теперішній час є найбільш розповсюдженими технологіями, що сприяють розвитку «зеленої» логістики.

У спільному документі ЄЕК ООН, ЄКМТ і ЄС «Термінологія комбінованих перевезень» [6] зазначено, що мультимодальне перевезення – це «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту», інтермодальне перевезення означає «перевезення вантажів двома або більше видами транспорту в одній і тій же вантажній одиниці або автотранспортному засобі без перевантаження самого вантажу при зміні виду транспорту», комбіноване перевезення – «інтермодальне перевезення, в рамках якого більша частина рейсу припадає на залізничний, внутрішній водний або морський транспорт і будь-який початковий і/або кінцевий відрізок шляху, на якому використовується автомобільний транспорт, є максимально коротким». Таким чином, головною ознакою інтермодальності є відсутність перевантажувальних операцій на шляху прямування, тобто перевезення вантажу без його перевантаження в іншу вантажну одиницю. Стислий аналіз особливостей способів організації перевезення вантажів наведено у таблиці 1.

Впровадженням «зеленої» логістики активно займаються у ЄС. Зокрема, австрійська залізниця ÖBB прагне стати нейтральною до клімату до 2030 року, на досягнення чого планують поступово спрямувати 17,5 млрд євро. Одним з головних напрямів стане удосконалення вантажних перевезень оператора ÖBB за рахунок масштабної автоматизації та розвитку мультимодальних технологій.

З метою покращення процесів планування перевезень та при розробці стратегічної інвестиційної політики у транспортній сфері запропоновано галузеві ініціативи обґрунтовувати в рамках ефективної у ЄС концепції «виняток-перемикання-вдосконалення» [7]. Вона передбачає:

- виключення неефективних вантажних перевезень і операцій, в тому числі порожніх пробігів;
- перемикання перевезень по можливості на більш чисті види транспорту, такі як

залізничний і водний, на джерела і технології виробництва більш чистого палива, а також на використання адекватних за розмірами транспортних засобів, вантажів та маршрутів;

- вдосконалення інфраструктури, логістики та операцій вантажних перевезень.

Структурно-логічна схему здійснення унімодального та мультимодального перевезення вантажу наведено на рисунку 1.

Табл. 1 – Показники існуючих способів організації перевезення вантажів

Вид перевезення	Кількість способів транспортування	Особливості перевезення	Тариф
Унімодальне	Один вид транспорту	Без додаткового організатора перевезення	За договором перевезення
Бімодальне	Два (або більше) видів транспорту	Послідовне перевезення з використанням окремих перевізних документів на кожний вид транспорту	За договором перевезення на кожний вид транспорту
Мультимодальне	Два (або більше) видів транспорту	Єдиний оператор перевезення, єдиний транспортний документ	Наскрізний тариф
Інтермодальне	Два (або більше) видів транспорту	Єдиний оператор перевезення, єдиний транспортний документ, уніфікована вантажна одиниця	Наскрізний тариф

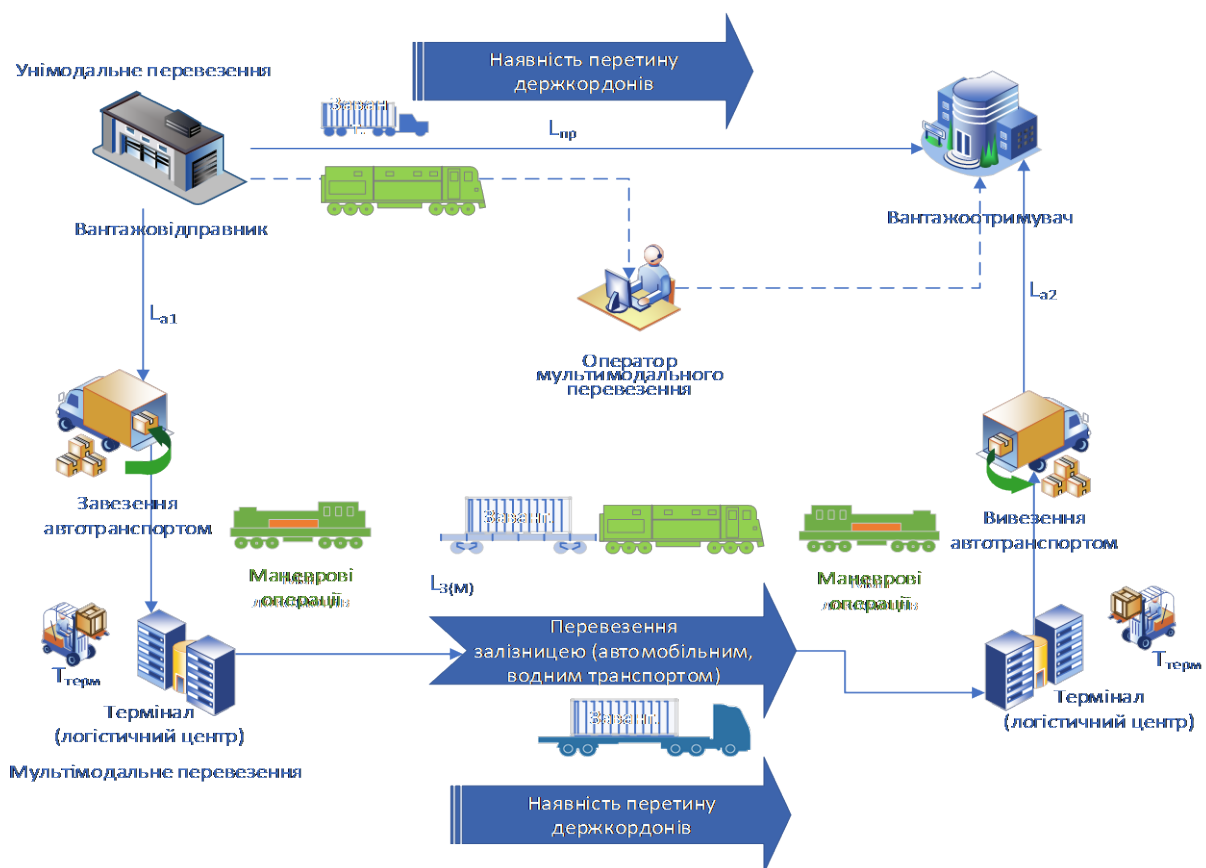


Рис. 1 – Структурно-логічна схема здійснення унімодального та мультимодального перевезення вантажу

Європейський досвід мультимодальних перевезень доводить, що розвиток цього виду перевезень в Україні є досить актуальним та потребує вирішення низки внутрішніх організаційно-правових питань, насамперед через гармонізацію національного законодавства з нормами Європейського Союзу. Розвиток сучасних технологій здійснення міжнародних та внутрішніх перевезень вантажів зараз спрямований на використання контейнерних та контейлерних поїздів відповідно до вітчизняної Національної транспортної стратегії [4], яка містить окремий розділ «Безпечний для суспільства, екологічно більш чистий та енергоефективний транспорт». Проект Закону «Про мультимодальні перевезення» [3] спрямовано на створення умов для розвитку і вдосконалення мультимодальних перевезень та визначає правові і організаційні засади мультимодальних перевезень вантажів. Законопроект пропонується ввести поняття мультимодального перевезення вантажів – це перевезення двома або більше видами транспорту на підставі договору мультимодального перевезення за єдиним перевізним документом на всьому маршруті перевезення. Визначено права та обов'язки оператора мультимодального перевезення, який укладає договір мультимодального перевезення, приймає під свою відповідальність вантаж та забезпечує перевезення вантажу, граничну межу відповідальності оператора під час здійснення мультимодальних перевезень, але питання екологічної складової врегульовано слабо. Таким чином, підготовлений законопроект [3] за своєю суттю не суперечить міжнародно-правовим зобов'язанням України, однак, потребує певного доопрацювання з максимальним врахуванням положень Директиви 92/106/ЄС [5]. Ця директива покликана скоротити автомобільні перевезення завдяки розвитку комбінованих видів, які залучають до процесу залізничний, внутрішній водний та морський транспорт, у тому числі – з метою покращення екологічних показників вантажних перевезень та зменшення їх негативного впливу на довкілля [14].

Перед операторами мультимодальних перевезень та експлуатантами контейнерних і контейлерних терміналів постає завдання дотримання вимог щодо забезпечення безпеки перевезень та охорони навколишнього середовища, в частині впровадження системи

екологічного менеджменту, у відповідності до міжнародного стандарту ISO 14001 (ДСТУ ISO 14001) «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування» [2]. Цей стандарт містить інформацію та систему заходів стосовно таких екологічних аспектів:

- викиди в атмосферне повітря;
- скиди у водні об'єкти;
- забруднення земельних ділянок;
- використання сировини та природних ресурсів;
- споживання енергії;
- виділення енергії (тепло, вібрація, шум, світло);
- утворення відходів і/або побічних продуктів;
- використання навколишнього простору.

Таким чином, перспективу «зеленої» логістики на сьогоднішній день слід ув'язувати із вимогами стандарту ДСТУ ISO 14001, який є визнаним у всьому світі інструментом щодо створення ефективної системи екологічного менеджменту. Впровадження положень цього стандарту впливає на всю структуру організації мультимодальних перевезень та дозволяє створити умови для зменшення їх шкідливого впливу на довкілля, за умови максимального збереження фінансових ресурсів.

Останнім часом спостерігається стійка тенденція до зростання кількості автотранспортних засобів на дорогах України, що негативно впливає на довкілля, в першу чергу – на повітря. В Україні стан забруднення атмосфери оцінюється шляхом порівняння середніх і максимальних концентрацій шкідливих викидів у повітрі відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів [8, 9]. Основним показником ступеню забруднення повітря являється індекс забруднення атмосфери (ІЗА). Комплексний ІЗА – це нормована характеристика середніх концентрацій домішок до їх гранично допустимої концентрації (ГДК), що розраховується як сума середніх концентрацій, у кратності ГДК, з врахуванням класу токсичності відповідної домішки:

$$ІЗА = \sum_{i=1}^Z \left(\frac{\bar{q}_i}{ГДК_i} \right)^{k_i}, \quad (1)$$

де: \bar{q}_i – середня за певний інтервал часу концентрація забруднювача повітря, мг/м³;

$ГДК_i$ – середня гранично допустима концентрація забруднювача, $мг/м^3$;

k_i – константа, яка має значення залежно від класу небезпеки речовини: 1 класу – 1,7; 2 класу – 1,3; 3 класу – 1,0; 4 класу – 0,9.

Ця константа дозволяє привести ступінь шкідливості i -ї речовини до ступеню шкідливості діоксиду сірки [8].

Для порівняльної оцінки рівня забруднення атмосфери різних населених пунктів використовують ІЗА, який враховує п'ять перших шкідливих речовин ($z = 5$), які контролюються та мають найбільші значення концентрації. В залежності від значення комплексного ІЗА рівень забруднення атмосферного повітря визначається наступним чином:

$$ІЗА \begin{cases} < 5 - \text{низький рівень} \\ [5 \dots 7] - \text{підвищений} \\ (7 \dots 14) - \text{високий} \\ > 14 - \text{дуже високий} \end{cases} \quad (2)$$

Результати аналізу зміни комплексного ІЗА на підставі даних центральної української геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського для основних транспортних вузлів країни наведено на рисунку 2.

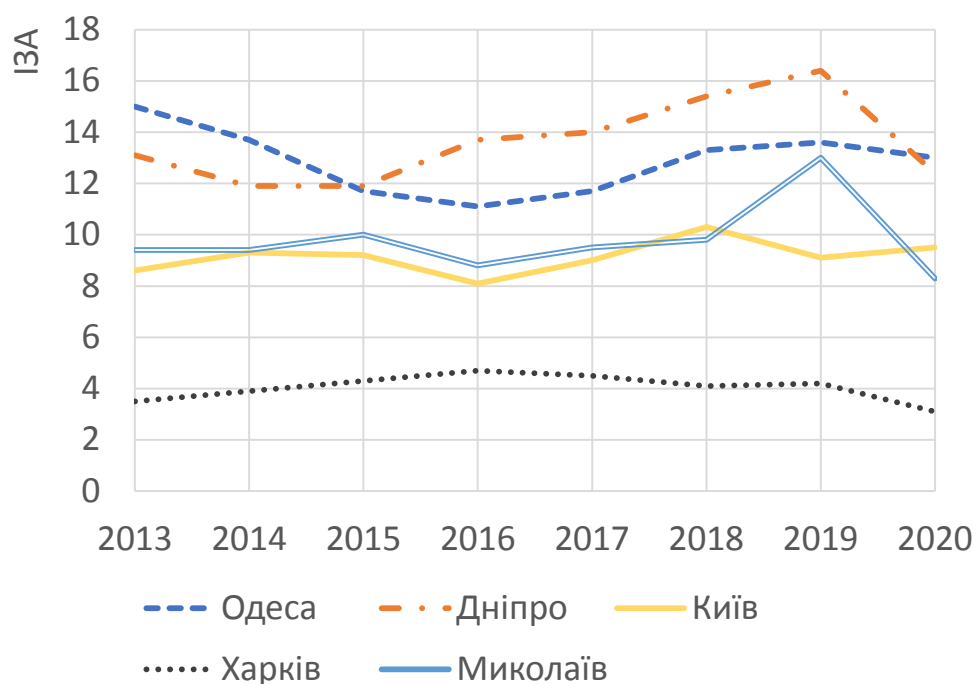


Рис. 2 – Зміна комплексних індексів забруднення атмосфери (ІЗА) по роках для основних транспортних вузлів України

Як можна бачити, рівень ІЗА має відносно невеликі річні коливання. Для транспортних вузлів міст Одеса та Дніпро рівень забруднення можливо вважати як високий та дуже високий. Зменшення рівня ІЗА у 2020 р. (за виключенням вузла Києва) можливо об'яснити карантинними обмеженнями протягом року. Високий рівень забруднення атмосферного повітря вказаних місць був обумовлений здебільше підвищеним вмістом специфічних шкідливих речовин, зокрема від функціонування транспорту. Значний вплив транспорту може бути підтверджено тим, що у містах, які не є крупними транспортними вузлами, показник комплексного ІЗА значно

нижчий (наприклад, показник комплексного ІЗА міст: Біла Церква – 4,0; Тернопіль – 4,0; Чернігів – 3,8; Івано-Франківськ – 3,4).

Загалом основні обсяги викидів шкідливих речовин здійснюють підприємства теплоенергетики, промисловості та автотранспорт. Пересувне джерело забруднення [8] – це транспортний засіб, рух якого супроводжується викидом в атмосферне повітря забруднюючих речовин. Зокрема, це автомобільний, залізничний, авіаційний, водний транспорт та виробнича техніка. Динаміку співвідношення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними та пересувними джерелами [10] наведено на рисунку 3.

ку 3. До основних забруднюючих речовин, що потрапляють до атмосфери від транспорту, відносять метали та їх сполуки (1,3 %), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (32,2 %), сполуки азоту (10 %), діоксид та інші сполуки сірки (13,3 %), оксид вуглецю (27,1 %), неметанові леткі органічні сполуки (14,8 %) та метан (1,1 %). Аналіз показує поступову тенденцію до зменшення загального обсягу викидів у повітря при від-

носно стабільній частці в них пересувних джерел забруднення 33,7 %, що скоріше пов'язано з загальним зменшенням виробничої активності в Україні після розпаду Радянського Союзу.

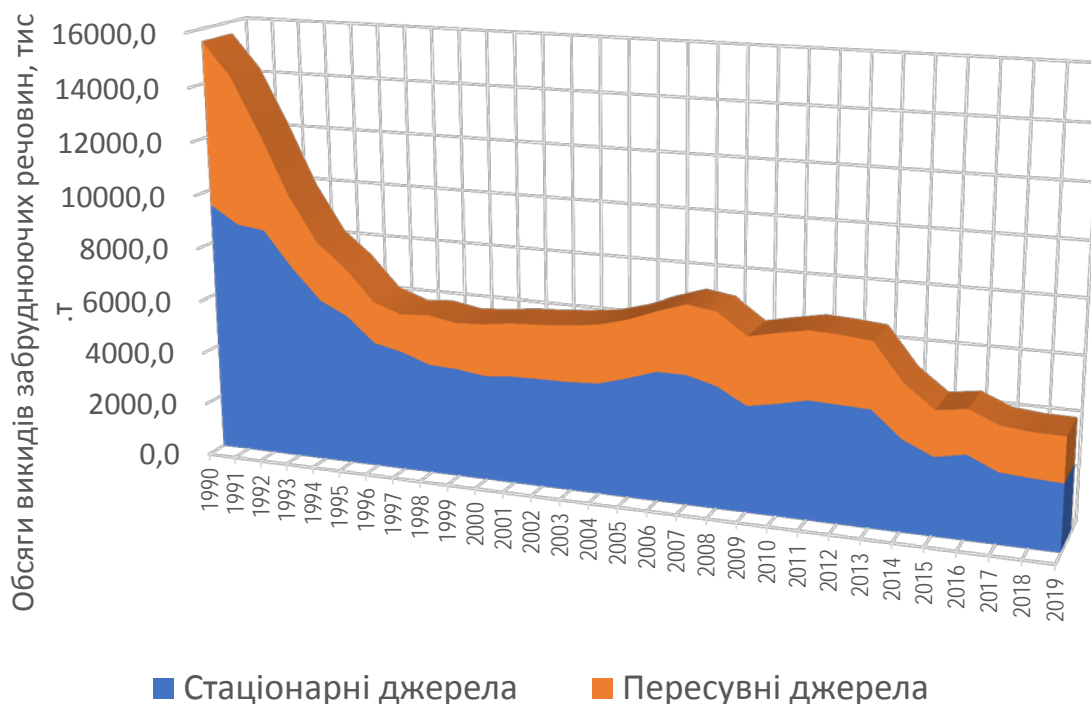


Рис. 3 – Зміна викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря по роках стаціонарними та пересувними джерелами України

Переважну більшість викидів пересувних джерел забруднення дає автомобільний транспорт, значно менше – виробничий транспорт. Роль залізничного, авіаційного та водного транспорту у забрудненні атмосферного повітря є незначною (рис. 4 - побудовано на підставі даних [10]). За даними Держстату України [10], викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автомобільного транспорту у 2018 році становили 1358,4 тис. т, залізничного – 27,6 тис. т, тобто відносно перевищення викидів від автотранспорту становить 49 разів. З урахуванням рівня вантажообігу у дослідному році (автотранспорту – 42569,5 млн. ткм, залізничного – 186344,1 млн. ткм) без великої похибки можливо вважати питомий середній рівень викидів забруднюючих речовин по країні у атмосферу від

автотранспорту – 31,910 г/ткм, від залізниці – 0,148 г/ткм.

В той же час, викиди в атмосферу діоксиду вуглецю (CO_2) від всіх видів транспорту у тому ж році склав 15948,1 тис. т, у тому числі автотранспорт – близько 14 млн. т, залізниця – 193,3 тис. т. Таким чином, питомий середній для транспортного сектору України рівень викидів CO_2 в атмосферу складає від автотранспорту – $\eta_A = 328,878$ г/ткм, від залізниці – $\eta_3 = 1,037$ г/ткм. Для порівняння – за даними Європейського агентства з навколишнього середовища середні викиди CO_2 вантажівками у 2018 році становили $\eta_{acc} = 158,1$ г/ткм. У 2020 році викиди CO_2 в світі у період дії обмежувальних заходів під час пандемії коронавірусу скоротилися на 17 % (дані організації Global Carbon Project), зокрема, в США обсяг викидів зменшився приб-

лизно на 30 %, в Індії викиди CO₂ скоротилися на 26 %, в Європі – на 27 %, у Китаї скорочення відбулось майже на чверть.

Основними напрямками покращення ситуації з викидами від транспорту є переведення засобів транспорту на більш безпечні види палива, розвиток електротранспорту, забезпечення контролю за якістю палива, ефективне впровадження роботи діагностичних пунктів перевірки нормативів екологічної безпеки засобів транспорту, а також збільшення частки перевезень видами транспорту, що мають менший вплив на атмосферу (див. рис. 4). Застосування мультимодальних технологій перевезень вантажів веде до загального зменшення забруднення атмосферного повітря викидами від пересувних джерел.

Безпосередньо рівень забруднення атмосферного повітря залежить від тривалості дії пересувного джерела, тобто від відстані перевезення вантажів та середньої швидкості руху. Середню щорічну відстань перевезення вантажів залізничним і автомобільним транспортом в Україні наведено у динаміці на рисунку 5. У подальших розрахунках використано середню відстань перевезень за період 2015-2020 рр., що складає для залізничного транспорту 566,3 км, для автомобільного - 56,5 км, причому остання продовжує збільшуватись.

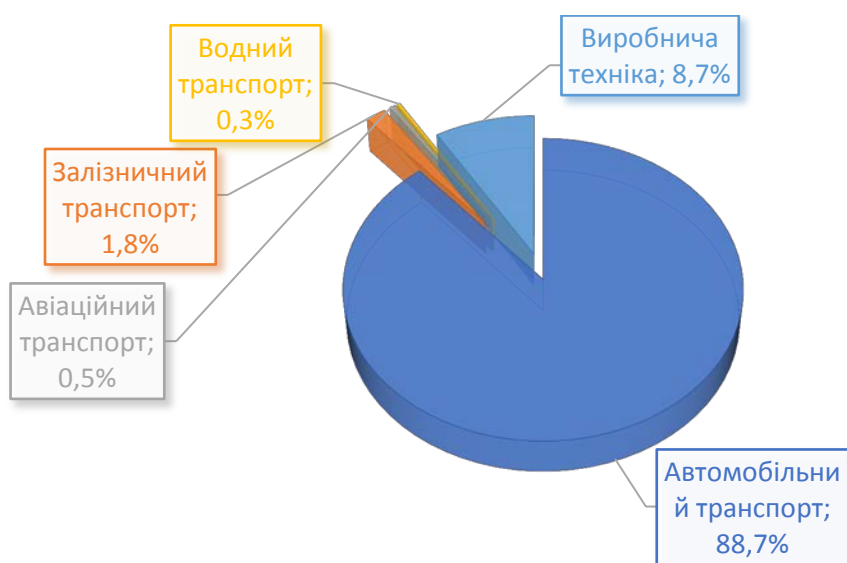


Рис. 4 – Розподіл викидів у атмосферу України забруднюючих речовин від пересувних джерел



Рис.5 – Середня відстань перевезень вантажів залізничним і автомобільним видами транспорту в Україні

Оцінку значення екологічного критерію при унімодальному перевезенні автотранспортом можливо розраховувати як вартісну величину шкоди від негативного впливу двоокису вуглецю на атмосферне повітря:

$$B_a = m_{\text{TEU}} \eta_a \sum_{n=1}^K (L_{\text{пр } i} c_{\text{атм } i}), \quad (3)$$

де: $L_{\text{пр } i}$ – відстань прямого унімодального перевезення територією i -ї держави, км;

K – кількість ділянок перевезення територією інших держав (для внутрішнього $K=1$);

$c_{\text{атм } i}$ – ставка екологічного податку на забруднюючі викиди CO_2 територією i -ї держави, грн/т;

m_{TEU} – маса вантажу, що перевозиться у стандартному контейнері (TEU), т.

Аналогічно значення екологічного критерію для мультимодального перевезення:

$$B_M = m_{\text{TEU}} \left(\eta_z \sum_{n=1}^K (2L_{z i} c_{\text{атм } i} + t_{\text{ман } i} \eta_{\text{ман}}) + \eta_a [L_{a1} c_{\text{атм } 1} + L_{a2} c_{\text{атм } K}] \right), \quad (4)$$

де: $L_{z i}$ – відстань залізничної частини мультимодального перевезення територією i -ї держави, км;

2 – коефіцієнт, що враховує повернення рухомого складу до країни-власника;

$t_{\text{ман } i}$ – середня тривалість маневрових операцій з мультимодальною одиницею, год;

$\eta_{\text{ман}}$ – питомий середній рівень викидів CO_2 у атмосферу при виконанні маневрової роботи, г/год (прийнято $\eta_{\text{ман}} = 320,50$ г/год для тепловозу ЧМЕ-3, в режимі роботи двигуна $\eta_e = 75$ % від повної потужності, склад маневрового складу прийнято 10 вагонів);

L_{a1}, L_{a2} – середня відстань, відповідно, завезення та вивезення мультимодальної одиниці, км.

В Україні екологічний податок – загальнодержавний обов'язковий платіж, що справляється з фактичних обсягів викидів в атмосферне повітря (ст. 14.1.57 ПКУ [11]). Слід зауважити, що ставки вуглецевого екологіч-

ного податку суттєво різняться в різних країнах. Нинішній рівень податку в Україні становить $c_{\text{атм}} = 10$ грн/т CO_2 , але для стимулювання «зелених» технологій планується його збільшити до 30 грн/т CO_2 у 2024 році. В той же час ставки вуглецевого екологічного податку $c_{\text{атм}}$ в розвинутих країнах коливаються від 1 дол. США/т (Польща) та 25 євро/т у деяких країнах ЄС до 139 дол. США/т (Швеція). Значення ставок вуглецевого екологічного податку по основних країнах світу наведено на рисунку 6 (за даними публікації [12]).

Діючі ставки екологічного податку на викиди CO_2 у деяких країнах наведено у таблиці 2. Як можна бачити, ставка екологічного податку в Україні є однієї з найнижчих.

Здійснено кількісну оцінку шкідливих викидів CO_2 у довкілля у грошовому еквіваленті (₴/TEU, де: ₴ - гривня; TEU – еквівалент 20-футового вантажного контейнера) при перевезенні контейнерів унімодальним видом сполучення (автотранспортом) та мультимодальним видом – контрейлерним способом із залученням залізниці за маршрутами доставки основними вітчизняними контейнерними поїздами за формулами (3) і (4). Розрахунок може бути уточненим для конкретних умов, але у наведеному вигляді є придатним для прийняття стратегічного рішення щодо способу перевезень. Результати розрахунків зведено до таблиці 3, з урахуванням відмінностей у екологічному податковому законодавстві різних країн.

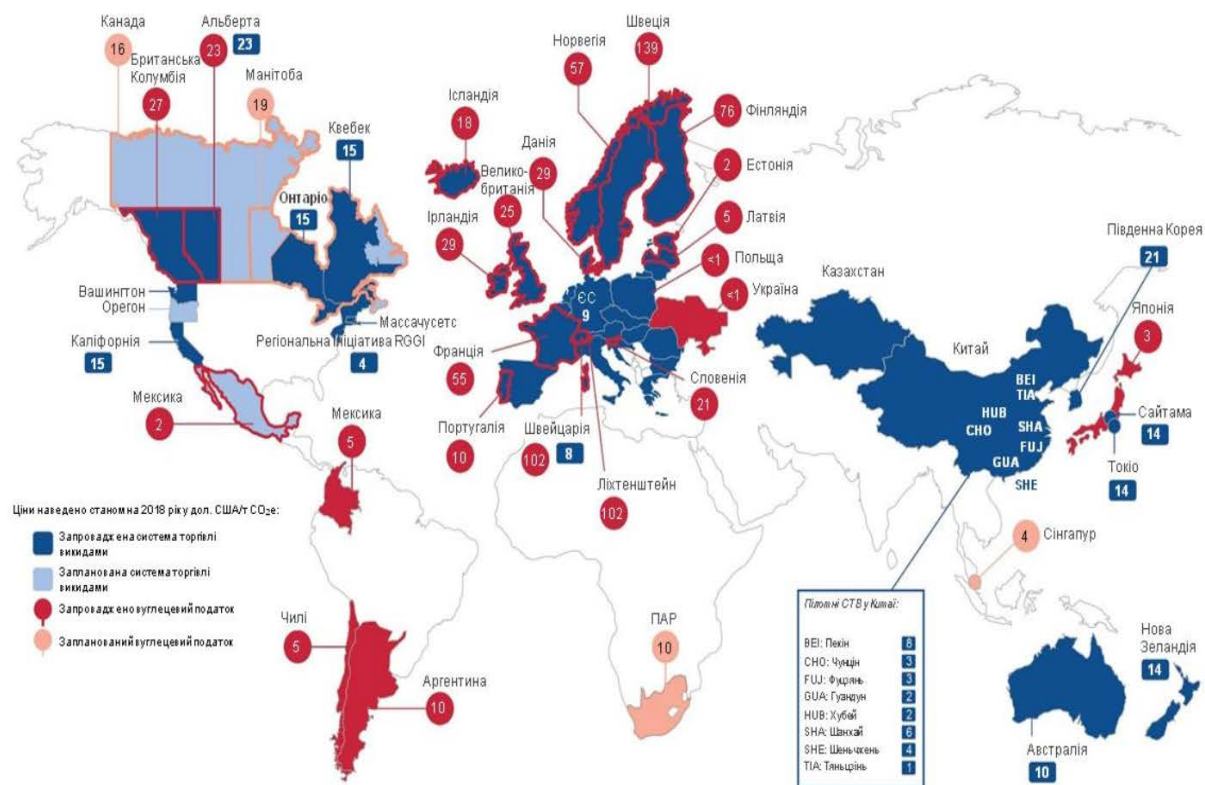


Рис. 6 – Значення ставок вуглецевого екологічного податку (дол. США/т) по основних країнах світу

Табл. 2 – Ставки екологічного податку на викиди CO₂ у різних країнах світу

Країни	Франція	Японія	Велико-британія	Британська Колумбія (Канада)	Латвія	Білорусь
Ставка податку $c_{\text{атм}}$ (з то-ни CO ₂)	55 дол. США	3 дол. США	25 дол. США	27 дол. США	5 дол. США	30 або 55 євро*
Об'єкт оподаткування	Усі види палива, що не охопле-но систе-мою торгівлі викида-ми ЄС (EU ETS)	Усі види палива (за винятком сільського господарст-ва та внут-рішніх авіа-перельотів)	Усі підпри-ємства (які поки що включено до системи EU ETS)	Паливо та горючі мате-ріали, що використо-вуються для виробництва електричної енергії	Усі види палива, що не охопле-но системою EU ETS	Транзитні вантажні автотран-спортні засоби (в залежності від їх маси)

* Стягується у вигляді збору за транзит вантажного автотранспортного засобу, частина якого йде на екологічні потреби для усунення наслідків забруднення CO₂.

Табл. 3 – Оцінка вартості шкідливих викидів CO₂ у довкілля за маршрутами перевезень

Маршрут прямування, відстань та розрахункова тривалість і вартість викидів на шляху прямування	Частини маршрутів перевезень територією i-ї держави та вартісна оцінка викидів CO ₂ при перевезенні по ним				Всього
«Вікінг» - поїзд комбінованого транспорту: Литва – Білорусь – Україна	Одеса-Бережесть (Україна)	Бережесть-Гудогай (Білорусь*)	Гудогай-Клайпеда (Литва)		
Відстань перевезення, км, при загальній його тривалості $t_{\text{пр}} = 59$ год	905	511	350		1766
Вартість для мультимодального перевезення, €/TEU	4,22	-	55,86		60,08
Вартість для автоперевезення, €/TEU	59,53	960,00 *	322,30		381,83
«ZUBR» - контейнерний поїзд: Естонія – Латвія – Білорусь – Україна	Одеса-Бережесть (Україна)	Бережесть-Бигосово (Білорусь*)	Бигосово-Валга (Латвія)	Валга – Таллінн (Естонія)	
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}} = 84$ год	905	637	387	233	2162
Вартість для мультимодального перевезення, €/TEU	4,22	-	4,04	22,07	30,33
Вартість для автоперевезення, €/TEU	59,53	960,00 *	356,37	85,82	501,72
«Хрещатик» - контейнерний поїзд: Одеса-Порт (експ.) – Київ-Ліски	Одеса	Одеса-Київ	Київ-Ліски		
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}} = 24$ год		697			697
Вартість для мультимодального перевезення, €/TEU	3,72	0,42	3,72		7,85
Вартість для автоперевезення, €/TEU	-	45,85	-		45,85
Контейнерний поїзд: Одеса-Порт (експ.) – Харків-Ліски	Одеса	Одеса-Харків	Харків-Ліски		
Відстань перевезення, км, при $t_{\text{пр}} = 23$ год		761			761
Вартість для мультимодального перевезення, €/TEU	3,72	0,44	3,72		7,88
Вартість для автоперевезення, €/TEU	-	50,06	-		50,06

* Оскільки податок стягується у вигляді збору за транзит усього вантажного автотранспортного засобу (див. табл. 2), то цю частину прийнято однаковою, незалежно від виду та відстані перевезення, і її у графі «всього» не враховано.

На рисунку 7 наведено порівняння грошової оцінки плати за шкідливі викиди CO₂ у довкілля. Результати аналізу доводять, що найбільш екологічною, щодо викидів CO₂, є

мультимодальна технологія перевезень контейнерів - у внутрішньому сполученні вона дає економію на екологічному податку у 6,1 рази, а в міжнародному – 9,8 рази. Крім за-

значених факторів, що впливають на забруднення атмосферного повітря, слід враховувати шкідливий вплив транспорту на стан забруднення ґрунту, на шумове забруднення, на стан автошляхів в наслідок експлуатації великовагових автомобілів та погіршення критеріїв безпеки, з точки зору ймовірності наїзду та травмування людини. Це фактори, які сприяють доцільності мінімізації руху автомобільного транспорту за рахунок використання мультимодальних перевезень.

З метою забезпечення прийняття зважених рішень у сфері екологічної стратегії слід підвищити якість оцінки та контролю рівня забруднення атмосфери за рахунок використання методології ForFITS (рис. 8), рекомендованої Європейською економічною комісією ООН (UNECE). ForFITS – це методологія, яка базується на моделі оцінки поточної та майбутньої активності транспорту, а також використання енергії та викидів CO₂ в транспортному секторі [13]. Згідно з методологією

ForFITS, обсяг викидів CO₂ розраховується на підставі врахування повного циклу виробництва і використання палива: викидів при виробництві палива, при його перевезенні та при експлуатації засобів транспорту. Всі результати розраховуються на підставі збору та оцінки даних про кількість транспортних засобів (за видами) що експлуатуються, середньої відстані перевезень пасажирів та вантажів, середнього завантаження засобів транспорту, середнього споживання ним палива тощо. На підставі отриманих даних повинні прийматися обґрунтовані рішення про необхідні екологічні заходи зі зменшення шкідливих викидів, обсяги необхідного фінансування цих заходів, та, як наслідок, про рівень екологічних податків та екологічні вимоги до засобів транспорту.

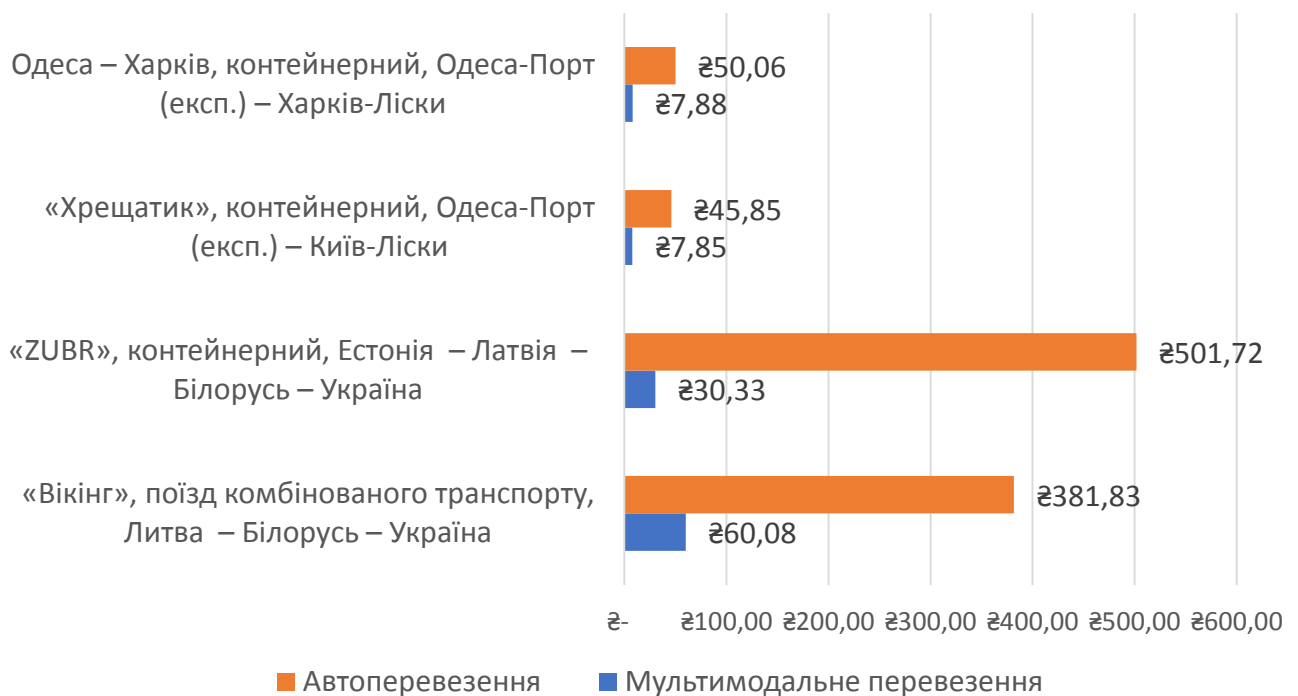


Рис. 7 – Порівняльна грошова оцінка шкідливих викидів CO₂ у довкілля

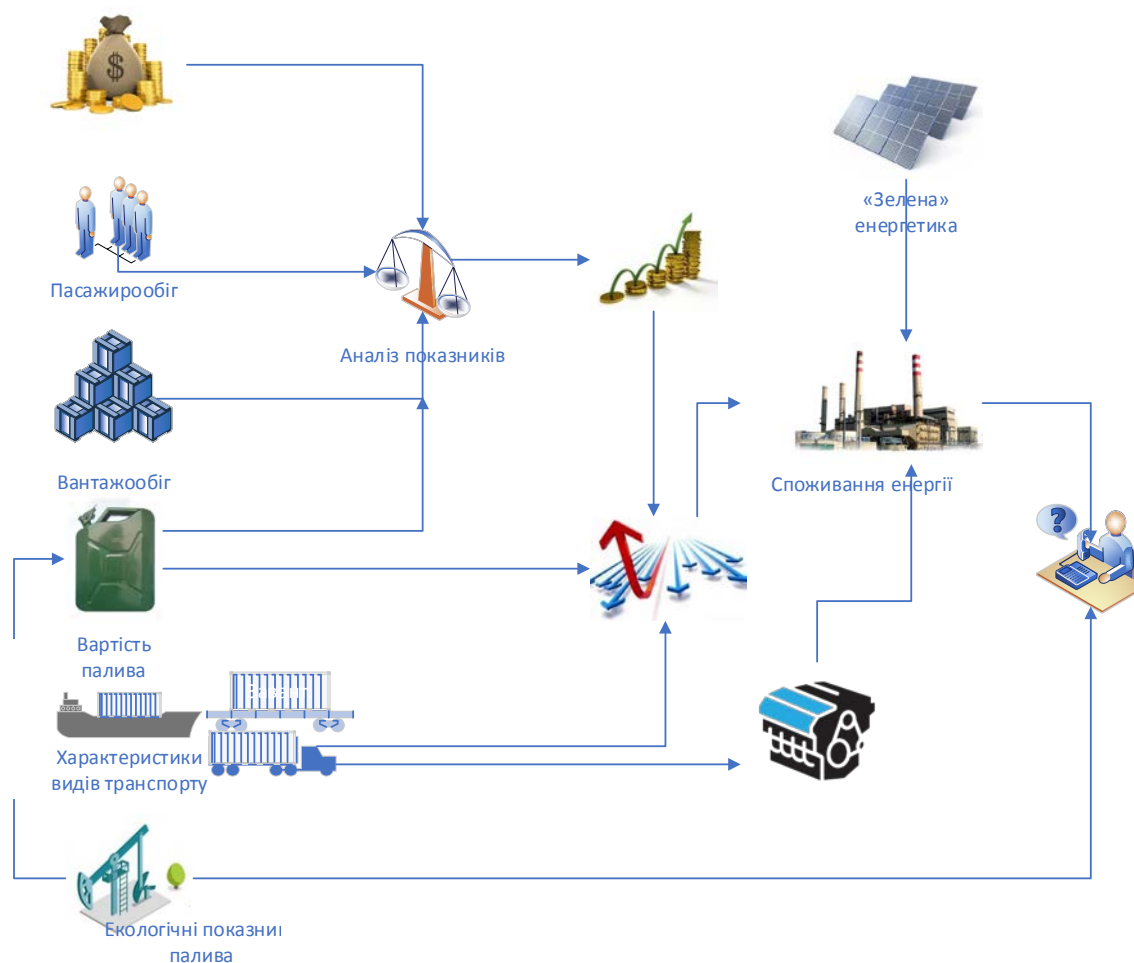


Рис. 8 – Загальна схема зменшення негативного впливу транспорту на довкілля при реалізації методології ForFITS

Висновки

За прогнозом у 2022-2050 роках загальний обсяг викидів CO₂ в секторі перевезень вантажів в Україні збільшиться в 3,9 рази. Зростання обсягу викидів CO₂ на автомобільному та залізничному транспорті до 2050 року складе відповідно 240 і 600 %, які тільки частково будуть залежати від структури виробничої сфери. Впровадженню «зелених» логістичних технологій сприяє впровадження мультимодальних технологій перевезення вантажів. Це дозволяє виділити наступні перспективні напрямки діяльності у цій сфері:

- поступове розширення в цілому по країні мережі логістичних і мультимодальних центрів, починаючи з крупних транспортних вузлів, та впровадження мультимодальних технологій сприятиме зменшенню рівня комплексного індексу забруднення атмосфери у більшості транспортних вузлів на 1..3 %;
- скорочення частки унімодальних автомобільних перевезень, заміщення їх мультимодальними за участю залізничного, а також водного видів транспорту дозволить покращити показники екологічності при перевезенні великої номенклатури вантажів, при цьому за рахунок скорочення кількості рейсів та зменшення шкідливого впливу на довкілля з боку залізниці рівень викидів забруднюючих речовин у атмосферу можливо скоротити майже у 200 разів, а по викидам CO₂ – практично у 300 разів (для однакових обсягів перевезень);

модальними за участю залізничного, а також водного видів транспорту дозволить покращити показники екологічності при перевезенні великої номенклатури вантажів, при цьому за рахунок скорочення кількості рейсів та зменшення шкідливого впливу на довкілля з боку залізниці рівень викидів забруднюючих речовин у атмосферу можливо скоротити майже у 200 разів, а по викидам CO₂ – практично у 300 разів (для однакових обсягів перевезень);

- впровадження спеціалізованих мультимодальних технологій можливо за рахунок застосування енергоощадливих технологій та спрямування економії від екологічних податків у вигляді інвестицій в логістичну інфраструктуру;

- мультимодальна технологія перевезень контейнерів у внутрішньому транспортному сполученні дає економію на екологічному податку у 6,1 рази, а в міжнародному – 9,8 рази, у порівнянні з унімодальною;

- використання для підвищення якості оцінки та контролю рівня забруднення атмосфери методології ForFITS, рекомендованої Європейською економічною комісією ООН (UNECE), є надійним шляхом визначення необхідних екологічних заходів, обсягів їх фінансування та обґрунтування оптимального рівня екологічних податків і сучасних екологічних вимог до засобів транспорту;

- розвиток мультимодальних перевезень в Україні потребує вирішення низки внутрішніх організаційно-правових питань, насамперед здійснення гармонізації національного транспортного законодавства з нормами ЄС, в першу чергу шляхом врахування положень Директиви 92/106/ЄС [5] та вимог стандарту ISO 14001 (ДСТУ ISO 14001) «Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування» [2], що в подальшому забезпечить можливість введення спеціальних екологічних тарифів на перевезення та отримання фінансово-економічної підтримки з боку держави для захисту довкілля;

- розмежування вантажного та пасажирського руху на особливо завантажених залізничних дільницях, а також сезонне застосування мультимодальних технологій доставки вантажів і пасажирів на напрямках зі складними дорожніми умовами або в умовах залізничних станцій з невеликими обсягами роботи («малодіяльні» станції).

Література

1. Стратегія акціонерного товариства «Українська залізниця» на 2019-2023 роки: затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 червня 2019 р. № 591-р. / Урядовий портал. – 64 с., — Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-pogodzhennya-strategiyi-akcionernogo-tovaristva-ukrayinska-zaliznitsya-na-t120619>.

2. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2015, ІДТ): ДСТУ ISO 14001:2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. — 30 с. - (Нац. стандарт України).

3. Проект Закону про мультимодальні перевезення: проект №4258 від 23.10.2020 р. / Верховна Рада України, — Режим доступу: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70239.

4. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. / Верховна Рада України, — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.

5. Про встановлення спільних правил для окремих типів транспортування товарів між державами-членами ЄС: Директива ради 92/106/ЄС / Council Directive 92/106/EEC of 7 December 1992 on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States // Official Journal of the European Communities. — No. L 368. — 17.12.1992. — Р. 38–42, — Режим доступу: <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/106/oj>.

6. Терминология комбинированных перевозок / ЕЭК экономического и социального совета ООН TRANS/WP.24/2000/1. — 10-11 апреля 2000, — Режим доступу: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/wp24-00-1r.pdf>.

7. Dalkmann H. Transport and Climate Change. Module 5e. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities / H. Dalkmann, C. Brannigan. — Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2014. — 86 p., — DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.4286.8009>.

8. Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 827 / Верховна Рада України, — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF>.

9. Основні засади виділення зон якості атмосферного повітря на території України та їх класифікація згідно з вимогами Директив 2004/107/ЄС та 2008/50/ЄС / [М. П. Баштаннік, І. В. Дворецька, Л. М. Онос, М. В. Савенець].- Наукові праці УкрНДГМІ. — 2016. — Вип. 269. — С. 123–137.

10. Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990-2019) / Державна служба статистики, — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

11. Податковий кодекс України: за станом на 28.03.2021 / Верховна Рада України. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.

12. Taxing CO₂ emissions from road transport: Taxing Energy Use 2018. Retrieved April 30, 2019, — Режим доступу: <https://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oecd&lg=en&page=1&visited=1>.

13. ForFITS Model – Assessing Future CO₂ Emissions: United Nations Economic Commission for Europe. Sustainable development GOALS, — Режим доступу: <https://unece.org/forfits-model-assessing-future-co2-emissions>.

14. Ломотько Д. В. Інноваційні методи підвищення продуктивності та швидкодії систем контейнерних перевезень / Д. В. Ломотько, О. М. Красноштан // Науковий Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – 2021. – Вип. 1 (48). – С. 188-202. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-188-202.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ломотько Денис Вікторович,

д.т.н., професор, завідувач кафедри «Транспортні системи та логістика» Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
Тел.: +38 057 730 19 55; +38 099 761 00 90.
E-mail: den@kart.edu.ua.
<http://orcid.org/0000-0002-7624-2925>.

Огар Олександр Миколайович,

д.т.н., професор, завідувач кафедри «Залізничні станції та вузли» УкрДУЗТ.
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
Тел.: +38 057 730 10 42.
E-mail: ZSV2020@kart.edu.ua;
<https://orcid.org/0000-0003-1967-5828>.

Козодой Дмитро Сергійович,

к.т.н., доцент кафедри «Охорона праці та навколишнього середовища» УкрДУЗТ.
Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
Тел.: +38 057 730 10 56.
E-mail: Dmitry_1980@ukr.net;
<https://orcid.org/0000-0003-3615-1815>.

Байдіна Катерина Сергіївна,

аспірант кафедри «Транспортні системи

та логістика» УкрДУЗТ.

Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.

Тел.: +38 057 730 19 55.

E-mail: katerina.baydina96@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0001-9939-123X>.

Ломотько Микола Денисович,

аспірант кафедри «Залізничні станції та вузли» УкрДУЗТ.

Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.

Тел.: +38 057 730 10 42.

E-mail: ZSV2020@kart.edu.ua;

<https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>.

НОВИНИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ РАДИ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Протягом першого кварталу 2021 року в АТ «Укрзалізниця» було проведено п'ять засідань секцій Науково-технічної ради товариства, а саме:

- секції *«Будівництва, утримання та розвитку інфраструктури»* – 1 засідання;
- секції *«Єдиної технічної політики та екологічного менеджменту»* – 2;
- секції *«Виробництва та управління тягою»* – 1;
- секції *«Ресурсо (енерго) збереження»* – 1.

На засіданнях секцій НТР були розглянуті та схвалені проекти концепцій, програм та організаційних структур спрямованих на покращення діяльності АТ «Укрзалізниця». Серед найбільш важливих прийнятих рішень можна зазначити схвалення наступних документів:

- проекту «Концепція (прогнозна) роботи з парком локомотивів АТ «Укрзалізниця» до 2033 року»;
- проекту «Програма енергозбереження на залізничному транспорті на 2021 рік»;
- проекту організаційної структури філії «Оператор інфраструктури «УЗ Інфра» АТ «Укрзалізниця».

Були розглянуті та рекомендовані до затвердження Правлінням АТ «Укрзалізниця» наступні стандарти підприємства:

- СТП «Вагони пасажирські. Капітально-відновлювальний ремонт (КВР). Норми витрат матеріалів, запасних частин та виробів»;
- СТП «Система стандартів безпеки праці. Норми штучного освітлення об'єктів залізничного транспорту»;
- СТП «Пристрої сортувальних гірок. Технологічний процес обслуговування»;
- СТП «Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технічна документація. Порядок ведення та утримання»;
- зміни 1 до СТП «Якість і безпека продукції. Вхідний контроль. Основні положення»;
- зміни 2 до СТП «Якість і безпека продукції. Вхідний контроль. Правила проведення вхідного контролю»;
- СТП «Вагони пасажирські. Капітально-відновлювальний ремонт. Правила виконання»;
- СТП «Вагони пасажирські. Технічне обслуговування опалювальної установки».

РЕФЕРАТИ

УДК 629.4.02:656.073

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-18-24

Аналіз міцності рами вагона-платформи при перевезенні труб великого діаметру / Путьто А. В., Шимановський О. О., Ворожун І. О. // Залізничний транспорт України. – 2021. – № 2. – С. 18-24.

Розглядається кріплення п'яти труб діаметра 1420 мм на залізничній платформі. Для кріплення труб використані реквізити, що містять натяжні пристрої і пружні елементи з лінійними характеристиками. Виконано порівняння варіантів кріплення труб безпосередньо до рами платформи і способу, який передбачає кріплення труб нижнього ярусу до рами платформи, а кожного наступного ярусу – до труб попереднього. На основі визначення значень динамічних сил, що діють на елементи кріплення труб при зіткненні вагонів, виконаний аналіз міцності несучої конструкції платформи. Кінцево-елементне моделювання, виконане з застосуванням програмного комплексу DSMFem, продемонструвало, що при кріпленні труб безпосередньо до платформи міцність її конструкції не забезпечується. Показано, що для транспортування розглянутих труб доцільно використовувати поярусне кріплення.

Ключові слова: вагон, платформа, труби, кріплення вантажів, динамічні сили, співудар вагонів, кінцево-елементне моделювання, напруження.

УДК 629.456

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30

Дослідження залишкового ресурсу рам візків спеціального рухомого складу на базі пасажирських вагонів // Радкевич М.М., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Кошель О.О., Кара С.В. // Залізничний транспорт України. – 2021. – № 2. – С. 24-30.

В роботі приведені результати дослідження залишкового ресурсу рам візків спеціально рухомого складу на базі пасажирських вагонів з метою визначення можливості та строків подальшої експлуатації рам візків КВЗ-ЦНИИ. Були зроблені розрахунки динамічної складової напружень у несучих конструкціях візка та розраховані рівняння для всіх дослідних місць. На основі зазначених напружень, ефективних частот коливань, проведено оцінку опору втомі дослідних місць рам візків. За результатами роботи визначено доцільність продовження терміну служби візків типу КВЗ-ЦНИИ, що використовуються під спеціальним пасажирським рухомим складом, що дає змогу продовжити строк експлуатації техніч-

но справних рам візків без надлишкових витрат на їх повне оновлення.

Ключові слова: пасажирський вагон, несучі металеві конструкції, візок, рама візка, міцність, опір втоми.

УДК 624.21

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-31-37

Удосконалення технології укладання безбаластного мостового полотна на залізничних мостах / Демченко С.М., Курган А.М., Линник Г.О. // Залізничний транспорт України. – 2021. – № 2. – С. 31-37.

У статті розглянуто питання удосконалення технології укладання безбаластного мостового полотна на залізничних мостах за рахунок застосування плит БМП-КРМ з елементами регулювання їх проектного положення, разом з незнімною опалубкою зі спіненого поліетилену, та використання прокладного шару зі швидкотвердіючої безусадочної суміші. Ця технологія дозволяє виключити з конструкції мостового полотна недовговічні елементи з деревини, забезпечити проектний термін експлуатації прокладного шару рівний проектному терміну експлуатації плит. Представлені результати лабораторних та заводських випробувань, під час яких була перевірена працездатність плити БМП-КРМ разом з регулюючим пристроєм, визначена оптимальна конструкція незнімної опалубки та склад швидкотвердіючої безусадочної суміші. Результати досліджень та випробувань дають можливість проведення експлуатаційних випробувань залізобетонних плит типу БМП-КРМ, з використанням регулюючих пристроїв та застосуванням удосконаленої технології укладання безбаластного мостового полотна на металевих залізничних мостах.

Ключові слова: залізничний міст, безбаластне мостове полотно, болт регулюючий, регулюючий пристрій, шпилька високоміцна, прокладний шар, швидкотвердіюча суміш, випробування.

УДК 625.151

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-38-48

Приведені вертикальні жорсткості колії в межах стрілочних переводів на залізобетонних брусах (прямий напрям), розраховані за даними натурних і лабораторних випробувань / Мойсеєнко К. В. // Залізничний транспорт України. – 2021. № 2. – С. 38-48.

Наведено методику й результати розрахунку приведених статичних вертикальних жорсткостей скріплення і баласту із земляним полотном у межах стрілочних переводів на залізобетонних

брусах, змінних по їх довжині та різних для контррейкової та хрестовинної ниток. Жорсткості розраховані з використанням даних натурних і лабораторних випробувань.

Ключові слова: залізнична колія, стрілочний перевід, залізобетонні бруси, приведена вертикальна жорсткість, натурні випробування.

УДК 656.223:502.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62

Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях / Ломотько Д. В., Огар О. М., Козодой Д. С., Байдіна К. С., Ломотько М. Д. // Залізничний транспорт України. – 2021. – № 2. – С. 49-62.

Розглянуто перспективи застосування концепції «зеленої» логістики при мультимодальних перевезеннях вантажів за участю залізничного транспорту. Встановлено, що мультимодальні технології у порівнянні із доставкою вантажу одним видом транспорту мають менший негатив-

ний вплив на навколишнє середовище та повітря.

Доведено, що впровадження «зелених» мультимодальних технологій можливо за рахунок зменшення частки автомобільних перевезень. Запропоновано спрямування економії від екологічних податків на інвестиції в логістичну інфраструктуру. Аналіз довів, що мультимодальна технологія перевезень контейнерів у внутрішньому сполученні дає економію на екологічному податку у 6,1 рази, а в міжнародному – 9,8 рази, у порівнянні з унімодальною. Розвиток мультимодальних перевезень в Україні потребує вирішення низки внутрішніх організаційно-правових питань, насамперед здійснення гармонізації національного транспортного законодавства з нормами ЄС.

Ключові слова: залізниця, автотранспорт, контейнер, контрейлер, «зелена» логістика, мультимодальне перевезення, вплив на довкілля, вуглецеве забруднення повітря.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.4.02:656.073

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-18-24

Анализ прочности рамы вагона-платформы при перевозке труб большого диаметра / Пулято А.В., Шимановский А.О., Ворожун И.А. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2021. – № 2. – С. 18-24.

Рассматривается крепление пяти труб диаметра 1420 мм на железнодорожной платформе. Для крепления труб использованы реквизиты, содержащие натяжные устройства и упругие элементы с линейными характеристиками. Выполнено сравнение варианта крепления труб непосредственно к раме платформы и способа, предполагающего крепление труб нижнего яруса к раме платформы, а каждого последующего яруса – к трубам предыдущего. На основе определения значений динамических сил, действующих на элементы крепления труб при соударении вагонов, выполнен анализ прочности несущей конструкции платформы. Конечно-элементное моделирование, выполненное с применением программного комплекса DSMFem, продемонстрировало, что при креплении труб непосредственно к платформе прочность её конструкции не обеспечивается. Показано, что для транспортировки рассматриваемых труб целесообразно использовать их поярусное крепление.

Ключевые слова: вагон, платформа, трубы, крепление грузов, динамические силы, соударение вагонов, конечно-элементное моделирование, напряжения.

УДК 629.456

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30

Исследование остаточного ресурса рам тележек специального подвижного состава на базе пассажирских вагонов / Радкевич Н.Н., Петренко В.А., Прокопенко П.Н., Кошель А.А., Кара С.В. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2021. - № 2. – С. 24-30.

В работе приведены результаты исследований остаточного ресурса рам тележек специально подвижного состава на базе пассажирских вагонов с целью определения возможности и сроков дальнейшей эксплуатации рам тележек КВЗ-ЦНИИ. Были сделаны расчеты динамической составляющей напряжений в несущих конструкциях тележки и рассчитаны показатели для всех исследуемых мест. На основе указанных напряжений, эффективных частот колебаний, проведена оценка сопротивления усталости исследуемых мест тележек. По результатам работы установлена возможность продления срока службы тележек типа КВЗ-ЦНИИ, используемых специальным пассажирским подвижным составом, что позволит продлить срок эксплуатации технически исправных рам тележек без лишних затрат на их полное обновление.

Ключевые слова: пассажирский вагон, несущие металлические конструкции, тележка, рама тележки, прочность, сопротивление усталости.

УДК 624.21

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-31-37

Совершенствование технологии укладки безбалластного мостового полотна на желез-

нодорожных мостах / Демченко С.Н., Курган А.Н., Линник Г.О. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2021. – № 2. – С. 31-37.

В статье рассмотрены вопросы совершенствования технологии укладки безбалластного мостового полотна на железнодорожных мостах за счет применения плит БМП-КРм с элементами регулирования их проектного положения, вместе с несъемной опалубкой из вспененного полиэтилена и использования прокладочного слоя из быстротвердеющей безусадочной смеси. Эта технология позволяет исключить из конструкции мостового полотна недолговечные элементы из древесины, обеспечить проектный срок эксплуатации прокладочного слоя равным проектному сроку эксплуатации плит. Представлены результаты лабораторных и заводских испытаний, во время которых была проверена работоспособность плиты БМП-КРм вместе с регулирующим устройством, определена оптимальная конструкция несъемной опалубки и состав быстротвердеющей безусадочной смеси. Результаты исследований и испытаний дают возможность проведения эксплуатационных испытаний железобетонных плит типа БМП-КРм с использованием регулирующих устройств и применением усовершенствованной технологии укладки безбалластного мостового полотна на металлических железнодорожных мостах.

Ключевые слова: железнодорожный мост, безбалластное мостовое полотно, болт регулирующий, регулирующее устройство, шпилька высокопрочная, прокладочный слой, быстротвердеющая смесь, испытания.

УДК 625.151

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-38-48

Приведенные вертикальные жёсткости пути в пределах стрелочных переводов на железобетонных брусках (прямое направление), рассчитанные по данным натурных и лабораторных испытаний / Моисеенко К. В. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2021. – № 2. – С. 38-48.

Изложены методика и результаты определения приведенных статических вертикальных жёсткостей скрепления и балласта с земляным полотном в пределах стрелочных переводов на

железобетонных брусках, переменных по их длине и различных для контррельсовой и крестовинной нитей. Жёсткости рассчитаны с использованием данных натурных и лабораторных испытаний.

Ключевые слова: железнодорожный путь, стрелочный перевод, железобетонные бруска, приведенная вертикальная жёсткость, натурные испытания.

УДК 656.223: 502.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62

Экологические аспекты применения «зеленой» логистики при мультимодальных грузоперевозках / Ломотько Д. В., Огарь А. Н., Козодой Д. С., Байдина Е. С., Ломотько Н. Д. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2021. – № 2. – С. 49-62.

Рассмотрены перспективы применения концепции «зеленой» логистики при мультимодальных перевозках грузов с участием железнодорожного транспорта. Установлено, что мультимодальные технологии по сравнению с доставкой груза одним видом транспорта оказывают меньшее негативное воздействие на окружающую среду и воздух.

Доказано, что внедрение «зеленых» мультимодальных технологий возможно за счет уменьшения доли автомобильных перевозок. Предложено направить экономию от экологических налогов на инвестиции в логистическую инфраструктуру. Анализ показал, что мультимодальная технология перевозок контейнеров во внутреннем сообщении дает экономию на экологическом налоге в 6,1 раза, а в международном – 9,8 раза, по сравнению с унимодальными перевозками. Развитие мультимодальных перевозок в Украине требует решения ряда внутренних организационно-правовых вопросов, прежде всего осуществление гармонизации национального транспортного законодательства с нормами ЕС.

Ключевые слова: железная дорога, автотранспорт, контейнер, контейнер, «зеленая» логистика, мультимодальные перевозки, влияние на окружающую среду, углеродное загрязнение воздуха.

ABSTRACTS

UDC 629.4.02:656.073

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-18-24

Analysis of the flatcar frame strength at transportation of large-diameter pipes / A. Putsiata, A. Shimanovsky, I. Varazhun // Railway transport of Ukraine. – 2021. – № 2. – pp. 18-24.

The fixing of five pipes of 1420 mm diameter on a railway flatcar is considered. For fastening the pipes, there are used the requisites containing tensioning devices and elastic elements with linear characteristics. A comparison is made for the case of pipes attaching directly to the flatcar frame and for a method that suggests the lower tier fastened to the

flatcar frame and each pipes' tier fastened to the previous one. The strength analysis for the flatcar supporting structure is carried out based on the determination of the values of the dynamic forces acting the pipe fasteners at the cars' collision. Finite element modeling, performed using the DSMFem software package, demonstrate that when pipes are attached directly to the flatcar, its strength is not ensured. It is shown that for the transportation of the considered pipes it is advisable to use a tiered fastening.

Keywords: wagon, platform, pipes, cargo fastening, dynamic forces, collision of cars, finite element modeling, stresses.

References

1. Amalfeya (2015) *Tekhnicheskie usloviya razmeshcheniya i krepleniya Грузов. Prilozhenie 3 k Soglasheniyu o mezhdunarodnom zheleznodorozhnom грузом soobshchenii (SMGS)* [Technical conditions for placing and securing cargo. Annex 3 to the Agreement on International Rail Freight Traffic (SMGS)] [in Russian].
2. Association of American Railroads (2020) *AAR Open Top Loading Rules Manual*. Section 2. Rules for Loading Metal Products, Including Pipe [in English].
3. International Union of Railways (2020) *Loading Guidelines. Code of practice for the loading and securing of goods on railway wagons*. Volume 1. Principles [in English].
4. Zhang D., Tang Y., Clarke D. B., Peng Q., & Dong C. (2021) An innovative method for calculating diagonal lashing force of cargo on railway wagons in a curve alignment. *Vehicle System Dynamics*, 59(3), 352–374 [in English].
5. Upyr' R. Yu., Davidova N.V., Khurelbaatar Ts. (2018) Vozniknovenie i otsenka dinamicheskogo vzaimodeystviya gruzha i vagona [The emergence and evaluation of the dynamic interaction between freight and rolling stock]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie*, 1(57), 8–15 [in Russian].
6. Turanov K. T., Pserovskaya E. D. (2013) Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya gruzha vdol' vagona pri vozdeystvii ploskoy sistemy sil [Mathematical modeling of loading of cargo flexible fastening elements with a sub plate by spatial force system effect]. *Transport Urala*, 4, 11–18 [in Russian].
7. Turanov K.T., Ruzmetov Y.O. (2020) On the shift of cargo on a railway platform under the influence of transverse forces. *E3S Web of Conferences*, 157, Article 01012 [in English].
8. Egorov S. A., Grebenyuk L. A., Khorunzhin S. Yu. (2011) Sovershenstvovanie metodiki rascheta elementov krepleniya v staticheski neopredelimykh skhemakh zakrepleniya edinichnogo gruzha [Improvement of the methodology for calculating fastening elements in statically indeterminate schemes for securing a single load]. *Izvestia Transsiba*, 4(8), 87–94 [in Russian].
9. Olentsevich V.A., Upyr' R.Yu., Gladkih A.M. (2020) Computational procedure for preparing the technical conditions for stowage and securing cargo in rail cars and containers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1615, Article 012029 [in English].
10. Chaganova O.S., Varazhun I.A. (2018) Fastenings Parameters Determination for Highly Deformative Cargo, Taking into Account Its Durability During Transportation in Cars and Trains. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 7(3), 218–222 [in English].
11. Popova O. V., Chigray Yu.A. (2011) Razrabotka metodiki analiza nagruzhennosti nesushchikh konstruktivnykh gruzovykh vagonov dlya perevozki dlinnomernykh gruzov [Development of a methodology for analyzing the loading of load-bearing structures of freight cars for the transportation of long-dimensional cargo]. In *XXII Mezhdunarodnaya innovatsionno-orientirovannaya konferentsiya molodykh uchenykh i studentov (MIKMUS-2010) "Budushchee mashinostroeniya Rossii": izbrannye trudy*, 114–120 [in Russian].
12. Fomin A.V., Fedosov-Nikonov D.V. (2018) Nauchno-prakticheskoe issledovanie prochnosti ramy dlinnobaznoy platformy [Scientific and practical study of the strength of the long wheelbase platform frame]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 10 (46), 8–15 [in Russian].
13. Putyato A.V., Pigunov A.V., Belogub V.V. (2008) Raschet na prochnost' kuzova vagona-platformy dlya perevozki lesnykh gruzov pri udare [Computation of Flatcar for Timber Cargo Transportation Body Impact Resistance]. *Mekhanika. Nauchnye issledovaniya i uchebno-metodicheskie razrabotki*, 2, 53–58 [in Russian].
14. Senko V. I., Putyato A. U. (2011) Pereprofilirovanie vagona bunkernogo tipa v vagon-platformu dlya perevozki lesnykh gruzov [Converting of the bunker type car into the platform-car for transportation of timber cargo]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya*, 2, 50–54 [in Russian].
15. Petrenko V.O., Bulich D.I. (2018) Doslidzhennya mozhlivostey vidnovlennya khibtovoї balki vantazhnykh vagoniv v rayoni shvornevogo vuzla na osnovi vagona-zernovoza modeli 19-752 [Investigation of the possibilities of restoration of the spine beam of freight cars in the area of the helical knot on the basis of the carriage-grains of the model 19-752]. *Zaliznichniy transport Ukraini*, 4, 27–36 [in Ukrainian].
16. Fomin O. V., Lovska A. O., Masliyev V. G., Tsymbaliuk A. V., Burlutski O.V. (2019) Viznachennya pokaznikov mitsnosti nesuchoї konstruktivnoї kuzova kritogo vagonu z kruglykh trub pri perevezenni na zaliznichnomu poromi [Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry]. *Eastern-European*

Journal of Enterprise Technologies, 1, 7(97), 33–40 [in Ukrainian].

17. Varazhun I. A. (2020) *Ustroystvo dlya krepleniya stal'nykh trub s podgotovlennymi pod svarku tortsovymi kromkami na rame zheleznodorozhnogo transportnogo sredstva* [Device for fastening steel pipes with end edges prepared for welding on the railway vehicle frame]. Patent 23277 Belarus [in Russian].

18. Varazhun I. A., Shilovich A. V. (2018) *Modelirovaniye vzaimodeystviya yarusov gruzha i platformy pri tormozhenii poezda* [Modeling of the interaction of tiers of cargo, and platform of the wagon when braking of the train]. *Gornaya mekhanika i mashinostroeniye*, 2, 52–58 [in Russian].

19. Pserovskaya E. D., Khorunzhin S. Yu. (2010) *Izuchenie dinamiki mnogoyarusnogo gruzha i vosprinimaemykh krepleniyem nagruzok pri manevrovyykh soudareniyakh vagonov* [Studying the dynamics of multi-tiered cargo and loads perceived by the lashing during shunting collisions of cars]. *Izvestiya Transsiba*, 1(1), 106–112 [in Russian].

20. Varazhun I.A. (2020) *Analiz korrektnosti matematicheskikh modeley soudareniya vagonov-platformy pri uprugom sposobe krepleniya na nikh yarusov trub* [Analysis of the correctness of mathematical models of collision of flatcars with an elastic method of attaching pipe tiers to them]. *Mekhanika. Issledovaniya i innovatsii*, 13, 40–46 [in Russian].

UDC 629.456

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-24-30

Research of residual resource of frames of carts of special rolling stock on the basis of passenger cars / N. Radkevich, V. Petrenko, P. Prokopenko, A. Koshel, S. Kara // Railway Transport of Ukraine. – 2021. - № 2. – pp. 24-30.

In this work, a study of the residual life of the bogie frames of special rolling stock based on passenger cars was carried out in order to determine the possibility and terms of further operation of the bogie frames of KVZ-TsNII. Calculations were made of the dynamic component of stresses in the supporting structures of the bogie, equations were calculated for all research sites. On the basis of the indicated stresses, effective vibration frequencies, an assessment of the fatigue resistance of the research sites of the bogies is carried out. Based on the results of the work, the feasibility of extending the service life of bogies of the KVZ-TsNII type used by special passenger rolling stock was determined, which will extend the life of technically sound bogie frames without unnecessary costs for their complete renewal.

Keywords: *passenger car, supporting metal structures, bogie, bogie frame, strength, fatigue resistance.*

References

1. DSTU 7774. Vahoni pasazhyrs'ki reyestratsiyni lokomotyvni tyahy. Zahal'notekhnichni normy dlya rozshyrennya ta proektuvannya mekhanichnoyi chastyny vahoniv. [Passenger cars of main draft. General technical standards for the calculation and design of the mechanical part of cars], 2015, 145 p. [in Ukrainian].

2. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannya pasazhyrs'kykh vahoniv, shcho posluhovuvalys' pryznachenyim terminom, za rakhunok yoho prodovzhennya TSL-0070 [Methods of technical diagnostics of passenger cars that have served the appointed period, in order to continue it] (2008). Kyiv, 60 p. [in Ukrainian].

3. D'omin YU. V., Chernyak H. YU. (2011) *Rozrakhunkovo-eksperymental'nyy metod otsinky dynamichnykh yakostey rukhomoho skladu* [Computational and experimental method for assessing the dynamic qualities of rolling stock]. *Railway Transport of Ukraine*, 2, 7-11 [in Ukrainian].

4. Hrindey P.O., Hrindey O.O., Chernyak H.YU. (2013) *Eksperymental'no-rozrakhunkovyy metod otsinky nesuchoyi zdatsnosti konstruktsiy rukhomoho skladu zaliznyts' Konf* [Experimental calculation method for estimating the bearing capacity of railway rolling stock structures]. «Problemy ta perspektyvy rozvytku transportnykh system v umovakh reformuvannya zaliznychnoho transportu: upravlinnya, ekonomika ta tekhnolohiyi». Materialy V mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Seriya «Tekhnika, tekhnolohiya» [«Problems and prospects of development of transport systems in the conditions of reforming of railway transport: management, economy and technologies », Proceedings of the V international scientific-practical conference. Series "Equipment, technology]. Kyiv, 25-26 [in Ukrainian].

5. Vershynskyy S.V. (1971) *Raschet vahonov na prochnost* [Calculation of cars for durability]. - Moscow: Mechanical engineering, 432 p. [in Russian].

6. Hrindey P.O., Hrindey O.O., Chernyak H.YU. (2013) *Porivnyannya metodiv otsinky vtomnoho resursu nesuchykh konstruktsiy rukhomoho skladu zaliznyts'* [Comparison of methods for estimating the fatigue life of load-bearing structures of railway rolling stock] 11-y Mizhnarodnyy sympozium ukrayins'kykh inzheneriv- mekhanikov u L'vovi [11th International Symposium of Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv]. Lviv, 66-67. [in Ukrainian].

7. Mostovych A.V. (2016). *Udoskonalennya metodiv ta zasobiv eksperymental'noyi otsinky pokaznykiv bezpeky rukhu ta plavnosti khodu zaliznychnoho rukhomoho skladu* [Improvement of methods and means of experimental evaluation of traffic safety indicators and smoothness of railway

rolling stock]: dis. k. t. n. – 05.22.07. - Syevyerodnets'k, 276 p. [in Ukrainian].

8. Blokhyn E. P., Cherkashyn YU. M., Manashkyn L. A. (2005) Opredelenye ustalostnoy prochnosti nesushchykh konstruktivnykh zheleznodorozhnykh vagonov po rezul'tatam khodovykh yspytanyy [Determination of fatigue strength of load-bearing structures of railway cars based on the results of running tests]. Bulletin of the Research Institute of Railway Transport, 4, 3-6. [in Russian].

9. Radkevych M.M., Sapronova S.YU., Tkachenko V.P. (2020) Doslidzhennya zalyshkovoho resursu ta vstanovlennya hranychnoho terminal'noho obsluhovuvannya nekupeynykh pasazhyr'skykh vagoniv pobudovy KVZ [Research of residual resource and establishment of the term of operation of non-compartment passenger cars of construction of KVN]. Zbirnyk naukovykhprats' DUIT. Seriya «Transportni systemy ta tekhnolohiyi», 36, 54-62. [in Ukrainian].

UDC 624.21

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-31-37

Improving the technology of laying a ballast-free bridge deck on railway bridges. / S. Demchenko, A. Kurgan, H. Lynnyk // Railway Transport of Ukraine. – 2021. – № 2. – pp. 31-37.

The article considers the issue of improving the technology of laying ballast-free bridge deck on railway bridges through the use BMP-KRm plates with elements of regulating their design position together with fixed formwork made polyethylene foam and the use a layer of fast-curing non-shrink mixture. This technology allows to exclude from a design of a bridge cloth short-lived elements from wood, to provide design service life of a laying layer equal to design service life plates. The results of laboratory and factory tests during which the efficiency the BMP-KRm plate together with the regulating device was checked, the optimal design the fixed formwork and composition the fast-curing non-shrink mixture were determined. The results of research and testing make it possible to conduct operational tests reinforced concrete slabs type BMP-KRm using control devices and the use advanced technology for laying ballast-free pavement on metal railway bridges.

Keywords: railroad bridge, ballast-free bridge deck, adjusting bolt, regulating device, high-strength hairpin, gasket layer, fast-curing mixture, tests.

References

1. Instruktsiia z ukladannia ta ekspluatatsii bezbalastnoho mostovoho polotna (BMP) na zalizobetonnykh plytakh [Instructions for laying and operation of ballast-free bridge deck (BMP) on reinforced concrete slabs] (No. TsP-0137) (2006). Kyiv: Ukrzaliznytsia, Shvydkyi rukh [in Ukrainian].

2. Metalloproduktiia iz nelegirovannykh konstruktivnykh kachestvennykh i spetsial'nykh

stalei. Obshchie tekhnicheskie usloviya (s Popravkoi) [Metal products from nonalloyed structural quality and special steels. General specification (with Amendment)] (2013). GOST 1050-2013 from 01 January 2015. Moscow: Standartinform [in Russian]

3. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia [Transport facilities. Bridges and pipes. Design rules] (2006). DBN V.2.3-14:2006 from 01 February 2007. Kyiv: Ministry of Construction, Architecture and Housing of Ukraine. [in Ukrainian]

4. Plyty zalizobetonni bezbalastnoho mostovoho polotna zaliznychnykh mostiv z elementamy rehuliuвання yikh proektnoho polozhennia. Prohrama ta metodyka laboratornykh vyprobuvan doslidnykh zrazkiv [Reinforced concrete slabs of ballastless bridge deck of railway bridges with elements of regulation of their design position. Program and methods of laboratory tests of prototypes] (2017). U 7012.02.000 PM. Dnipro: Ukrzaliznytsia [in Ukrainian].

5. Zakora O.L., Kliuchnyk S.V., Lynnyk H.O., Dytynenko M.P., Ivashkevych D.L., Zabiaka O.A. (2011). Napruzhenno-deformovanyi stan zalizobetonnoi plyty bezbalastnoho mostovoho polotna [Stress-strain state of the reinforced concrete slab of ballast-free bridge deck]. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 39, 47-50 [in Ukrainian].

6. Pluhin A.A., Miroshnichenko S.V., Zabiaka O.A., Lynnyk H.O., Babenko A.I. (2009). Systematyzatsiia poshkodzen zalizobetonnykh plyt bezbalastnoho mostovoho polotna zaliznychnykh mostiv [Systematization of damages of reinforced concrete slabs of ballastless bridge deck of railway bridges]. Collected scientific works of Ukrainian State University of railway transport, 109, 120-130 [in Ukrainian].

7. Lynnyk H.O. (2010). Doslidzhennia mistsevykh deformatsii betonnoho prokladnoho sharu pry vykorystannia mostovoho polotna na plytakh BMP [Investigation of local deformations of a concrete laying layer at use of a bridge cloth on BMP plates]. Journal of Lviv Polytechnic National University. Series Theory and Building Practice, 662, 293-296 [in Ukrainian].

8. Plyty zalizobetonni bezbalastnoho mostovoho polotna zaliznychnykh mostiv z elementamy rehuliuвання yikh proektnoho polozhennia. Prohrama ta metodyka poperednykh (zavodskykh) vyprobuvan doslidnoi partii [Reinforced concrete slabs of ballastless bridge deck of railway bridges with elements of regulation of their design position. Program and methods of preliminary (factory) tests of the experimental batch] (2017). U 7012.02.000 PM1. Dnipro, Ukrzaliznytsia [in Ukrainian].

UDC 625.151

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-38-48

The reduced vertical rigidities of the track within the switches on reinforced concrete beams (direct direction), calculated according to field and laboratory test/ K. Moyseyenko // Railway Transport of Ukraine. – 2021. - № 2. – pp. 38-48.

The technique and results of determining the reduced static vertical rigidities of fastening and ballast with the roadbed within the switches on reinforced concrete beams, variable along their length and different for counter-rail and frog threads, are presented. Rigidities are calculated using data from field and laboratory tests.

Keywords: railway track, switch, reinforced concrete beams, reduced static vertical rigidities, field tests.

References

1. Frishman M. A. Vybor raschetnoi skhemy dlya opredeleniya vertikalnykh sil pri dvizhenii ekipazha po strelnochnomu peregodu [The choice of the design scheme for determining the vertical forces when the crew moves along the switch] / M. A. Frishman, R. S. Lipovskii, V. P. Gnatenko, N. P. Kushchenko // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava. Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1975. – Vol. 167/16. – pp. 25-30. [in Russian].

2. Verigo M. F. Vzaimodeistvie puti i podvizhnogo sostava [Interaction of track and rolling stock] / M. F. Verigo, A. Ya. Kogan; pod red. M. F. Verigo. – Moskva: Transport, 1986. – 559 p. [in Russian].

3. Orlovskii A. N. Obosnovanie vybora raschetnoi skhemy dlya issledovaniya vzaimodeistviya kolea i puti v zone nerovnostei [Justification of the choice of the design scheme for studying the interaction of the wheel and the track in the area of irregularities] / A. N. Orlovskii, V. N. Klimenko // Voprosy putevogo khozyaistva i proektirovaniya zheleznykh dorog. Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1965. – Vol. 57. – pp. 42-49. [in Russian].

4. Zolotarskii A. F. Zhelezobetonnye shpaly dlya relsovogo puti [Reinforced concrete sleepers for rail track] / A. F. Zolotarskii, B. A. Evdokimov, N. M. Isaev, L. G. Krysanov, V. V. Serebrennikov, V. F. Fedulov; pod red. A. F. Zolotarskogo. – Moskva: Transport, 1980. – 270 p. [in Russian].

5. Danilenko E. I. Raschet sil vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava v predelakh krestoviny pri pomoshchi personalnoi EVM [Calculation of the interaction forces of the track and rolling stock within the switch frog using a personal computer] / E. I. Danilenko, K. V. Moyseyenko // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava:

mezhevuz. sb. trudov. – Dnepropetrovsk: b/i, 1997. – pp. 92-104. [in Russian].

6. Danilenko E. I. Raschetno-teoreticheskii metod opredeleniya uprugodinamicheskikh parametrov dlya obychnoi konstruktssii puti i mnogonitochnykh putei [Computational-theoretical method for determining elastic-dynamic parameters for a conventional track structure and multi-line tracks] / E. I. Danilenko // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava: mezhevuz. sb. trudov. – Dnepropetrovsk: b/i, 1997. – pp. 32-41. [in Russian].

7. Frishman M. A. Vertikalnaya zhestkost strelchnogo peregoda na zhelezobetonnykh brusyakh [Vertical rigidity of a switch on reinforced concrete beams] / M. A. Frishman, A. N. Orlovskii, G. K. Zhilin // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava. Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1974. – Vol. 148. – pp. 3-9. [in Russian].

8. Issledovanie raboty strelchnogo peregoda tipa R50 marki 1/11 na zhelezobetonnykh brusyakh: otchet po NIR (zaklyuchit.) [Study of the operation of the P50 type switch, grade 1/11 on reinforced concrete beams] / Dnepropetrovskii institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta im. M. I. Kalinina; ruk. M. A. Frishman; isp.: A. N. Orlovskii [i dr.]. № gosregistratsii 74044393. – Dnepropetrovsk, 1975. – 233 p. [in Russian].

9. Simon A. A. Sovremennye strelchnye peregody [Modern switches] / A. A. Simon, N. N. Putrya, N. N. Elsakov. – Moskva: Transport, 1977. – 190 p. [in Russian].

10. Putrya N. N. Strelchnye peregody s zhelezobetonnyimi brusyami / N. N. Putrya, L. G. Krysanov, N. S. Evstifeev [Switches with reinforced concrete beams] // Put i putevoe khozyaistvo [Railway Track and Facilities]. – 1971. – no 11. – pp. 9-11. [in Russian].

11. Smykov E. K. Opyt mekhanizirovannoi ukladki peregoda s zhelezobetonnyimi brusyami [Experience in mechanized laying of a switch with reinforced concrete beams] / E. K. Smykov, E. I. Voitovich // Put i putevoe khozyaistvo [Railway Track and Facilities]. – 1971. – no 11. – pp. 11-14. [in Russian].

12. Spravochnik inzhenera-puteitsa: v 2 t. / pod red. V. V. Basilova i M. A. Chernysheva. [Railway track engineer handbook] – Moskva: Transport, 1972. – Vol.1. – 768 p. [in Russian].

13. Instruksiya po tekushchemu soderzhaniyu zheleznodorozhnogo puti: TsP-2913 [Instruction for the current maintenance of the railway track CP-2913]. – Moskva: Transport, 1972. 223 p. [in Russian].

14. Issledovanie raboty strelchnykh peregodov na zhelezobetonnykh osnovaniyakh. Razdel: Dinamicheskie prochnostnye ispytaniya strelchnogo peregoda na zhelezobetonnykh brusyakh

tipa R65 marki 1/11 s poduklonkoi: otchet po NIR [Study of the work of switches on reinforced concrete foundations. Section: Dynamic strength tests of a switch on reinforced concrete beams of the P65 type, grade 1/11 with a canting: R&D report] / Dnepropetrovskii institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta im. M. I. Kalinina; ruk. M. A. Frishman ; isp.: A. N. Orlovskii [i dr.]. № gosregistratsii 72023623. – Dnepropetrovsk, 1971. – 305 p. [in Russian].

15. Lysyuk V. S. Vliyanie zhestkosti i nerovnostei puti na deformatsii, vibratsii i sily vzaimodeistviya ego elementov / pod red. V. S. Lysyuka [Influence of rigidity and unevenness of a track on deformations, vibrations and forces of interaction of its elements] // Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 1969. – Vol. 370. – 270 p. [in Russian].

16. Evdokimov B. A. Issledovanie vertikalnoi zhestkosti promezhutochnykh skreplenii tipa KB / B. A. Evdokimov, B. S. Kulikovskii [Study of the vertical rigidity of intermediate fasteners of the KB type] // Vestnik Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 1972. – no 2. – pp. 32-35. [in Russian].

17. Shakhunyants G. M. Nekotorye voprosy issledovaniya raboty rezinovykh prokladok povyshennoi uprugosti dlya puti s zhelezobetonnyimi shpalami / G. M. Shakhunyants, A. A. Demidov [Some questions of the study of the work of rubber pads of increased elasticity for a track with reinforced concrete sleepers] // Issledovanie raboty skreplenii i relsov. Trudy Moskovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1971. – Vol. 354. – pp. 3-76. [in Russian].

18. Issledovanie raboty verkhnego stroeniya puti na monolitnom zhelezobetonnom osnovanii [Study of the work of the superstructure of the track on a monolithic reinforced concrete foundation] / pod red. G. M. Shakhunyantsa i M. A. Frishmana. – Dnepropetrovsk: b/i, 1971. – 142 p. [in Russian].

19. Zhilin G. K. Teoreticheskoe issledovanie raboty skreplenii pod nagruzkoi na perevode s zhelezobetonnyimi brusyami [Theoretical study of the work of fasteners under load on the switch with reinforced concrete beams] / G. K. Zhilin, N. P. Nastechik // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava. Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1975. – Vol. 167/16. – pp. 87-97. [in Russian].

20. Frishman M. A. Issledovanie deformativnykh svoistv putevykh prokladok [Study of the deformative properties of track pads] / M. A. Frishman, Yu. D. Voloshko, N. P. Nastechik // Issledovaniya vzaimodeistviya puti i podvizhnogo sostava. Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta. – 1975. – Vol. 167/16. – pp. 8-20. [in Russian].

21. Amelin S. V. Soedineniya i peresecheniya relsovykh putei [Track switches and cross-ways] / S. V. Amelin. – Moskva: Transport, 1968. – 262 p. [in Russian].

22. Kamenskii V. B. Spravochnik dorozhnogo mastera i brigadira puti [Handbook of the supervisor of track and track chergeman] / V. B. Kamenskii, L. D. Gorbov. – Moskva: Transport, 1985. – 487 p. [in Russian].

23. Instrukttsiia z ulashtuvannia ta utrymannia kolii zaliznyts Ukrainy: TsP-0269. – Zatv. nakazom Ukrzaliznytsi vid 01.03.2012 r. № 072-Ts. [Instruction on arrangement and maintenance of the railway track of Ukraine CP-0269] – Kyiv: TOV «NVP Polihrafservis», 2012. – 456 p. [in Ukrainian].

24. Prokladky humovi dlia reikovo kolii. Tekhnichni umovy: DSTU 2805-94 [Rail fasteners pads of railway. Specifications]. – [chynnyi vid 1996-01-01]. – Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 1996. – 50 p. [in Ukrainian].

UDC 656.223:502.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62

Ecological aspects of the application "green" logistics in multimodal freight transportation / D. Lomotko, A. Ogar, D. Kozodoy, K. Baidina, M. Lomotko // Railway Transport of Ukraine. – 2021. – № 2. – pp. 49-62.

Prospects for the application of the concept of "green" logistics in multimodal transportation of goods with the participation of railway transport are considered. It has been established that multimodal technologies, in comparison with the delivery of goods by one mode of transport, have less negative impact on the environment and air.

It has been proven that the introduction of "green" multimodal technologies is possible by reducing the share of road transport. It is proposed to channel savings from environmental taxes on investments in logistics infrastructure. The analysis showed that multimodal container transportation technology in domestic traffic gives savings on environmental tax by 6,1 times, and internationally – 9,8 times compared to unimodal transportation. The development of multimodal transportation in Ukraine requires solving a number of internal organizational and legal issues, first of all, the implementation of the harmonization of national transport legislation with EU norms.

Keywords: railway, road transport, container, piggyback, "green" logistics, multimodal transportation, environmental impact, carbon air pollution.

References

1. Stratehiia aktsionernoho tovarystva «Ukrainska zaliznytsia» na 2019-2023 roky (No. 591-r). Cabinet of Ministers of Ukraine (June 12, 2019). [Strategy of the joint-stock company "Ukrainian Railway" for 2019-2023: approved. by the order of the Cabinet of

ABSTRACTS

Ministers of Ukraine of June 12, 2019 (№ 591-r)], from: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-pogodzhennya-strategiyi-akcionernogo-tovaristva-ukrayinska-zaliznyca-na-t120619> [in Ukrainian].

2. Systemy ekolohichnoho keruvannya. Vymohy ta nstanovy shchodo zastosovuvannya 2016). DSTU ISO 14001:2015 from 01 July 2016. [Environmental management systems – Requirements and guidelines for use]. Kyiv: Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality. [in Ukrainian].

3. Proekt Zakonu pro multymodalni perevezennia [Draft Law on Multimodal Transportation] from 23.10.2020 №4258 (2020), from: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70239 [in Ukrainian].

4. Cabinet of Ministers of Ukraine (May 30, 2018). Natsionalna transportna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku (No. 430-r.) [National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030: approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 30, 2018 (№ 430-r.)], from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80> [in Ukrainian].

5. Pro vstanovlennia spilnykh pravyl dlia okremykh typiv transportuvannya tovariv mizh derzhavamy-chlenamy YeS: Dyrektyva rady 92/106/EES (7 December 1992) [The Council of the European Communities. Council Directive 92/106/EEU of 7 December 1992 on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States] *Official Journal of the European Communities*, L 368, 38-42, from: <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/106/oj> [in Ukrainian].

6. UNECE Economic and Social Council (2000). Terminologiya kombinirovannykh perevozok [Combined transport terminology / UNECE TRANS] (TRANS/WP.24/2000/1), from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/wp24-00-1r.pdf> [in Russian].

7. Dalkmann H., Brannigan C. (2014). *Transport and Climate Change. Module 5e. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities*. Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.4286.8009>. [in English].

8. Cabinet of Ministers of Ukraine (August 14, 2019). Poriadok zdiisnennia derzhavnoho monitorynhu v haluzi okhorony atmosfernoho povitria (No. 827) [Procedure for state monitoring in the field of air protection: approved. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 14, 2019 (№ 827)], from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF> [in Ukrainian].

9. Bashtannik M.P., Dvoretzka I.V., Onos L.M., Savenets M.V. (2016). Osnovni zasady vydilennia zon yakosti atmosfernoho povitria na terytorii Ukrainy ta yikh klasyfikatsiia zghidno z vymohamy Dyrektyv 2004/107/EU ta 2008/50/EU [Basic principles of air quality zone's establishment in Ukraine according to the Directive 2004/107/EU and 2008/50/EU] *Naukovi pratsi Ukrainskoho naukovo-doslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu*, 269, 123-137. [in Ukrainian].

10. State Statistics Service of Ukraine. (2019). Vykydy zabrudniuiuchykh rehovyn ta dioksydu vuhletsu v atmosferne povitria (1990-2019) [Emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere (1990-2019)], from: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm [in Ukrainian].

11. Podatkovi kodeks Ukrainy (March 28, 2021) [Tax Code of Ukraine], from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> [in Ukrainian].

12. *Taxing CO₂ emissions from road transport*. (April 30, 2019). Compare your country. Taxing Energy Use 2018, from: <https://www.compareyourcountry.org/taxing-energy?cr=oecd&lg=en&page=1&visited=1> [in English].

13. *ForFITS Model – Assessing Future CO₂ Emissions* (n.d.). United Nations Economic Commission for Europe. Sustainable development GOALS, from: <https://unece.org/forfits-model-assessing-future-co2-emissions> [in English].

14. Lomotko D. V., Krasnoshtan O. M. (2021). Innovatsiini metody pidvyshchennia produktyvnosti ta shvydkodii system kontreilernykh perevezen [Innovative approach to increase of operational speed and productivity]. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences»*, 1 (48), 188-202. DOI: 10.33744/2308-6645-2021-1-48-188-202 [in Ukrainian].