



ISSN 2311-4061

# ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

У К Р А Ї Н И

Науково-практичний журнал

RAILWAY  
TRANSPORT  
OF UKRAINE

THE SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

4/2022

The conceptual thrust of scientific and technical publications in this journal is based on the priorities of the JSC "Ukrzaliznytsia" activity, of the Scientific and Technical Councils of the Company and the branch "SEI" of JSC "Ukrzaliznytsia" decisions.

Journal publications main directions:

- 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.

The journal "Railway transport of Ukraine" is indexed in Ukrainika Naukova, Google Scholar.

Responsibility for the accuracy of facts, quotations, proper names and other information is on the authors of publications and advertisers.

**Journal founder -  
UKRZALIZNYTSIA  
Publisher – "The Rail Transport  
Scientific and Engineering Institute"  
branch of JSC "Ukrainian railways"  
(branch "SEI")**

Published since May 1996

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.



Науково-практичний журнал  
"Залізничний транспорт України"

*Шановні автори та читачі журналу!*

*Щиро вітаємо Вас*

*З Новим 2023 роком!*

*та*

*Різдвом Христовим!*

*Бажаємо миру, здоров'я, благополуччя та креативних ідей  
для наукових досліджень та практичного впровадження*

Колектив журналу



**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.**

**The address of the editorial office:**

The branch "SEI" of JSC "Ukrainian railways", 39, Ivan Fedorova Str., Kyiv, 03038, Ukraine

Tel.: +38 (044) 309-68-93; +38 (044) 465-38-11; fax: +38 (044) 528-93-01

E-mail: ztu1520mm@gmail.com; gryshenko@lotus.uz.gov.ua

Web: [http://uz.gov.ua/about/activity/science/ndkti\\_uz/ztu/](http://uz.gov.ua/about/activity/science/ndkti_uz/ztu/)

**Drafting group:** Sergii Gryshchenko, Alla Myrgorodska, Evgen Shportko

**Засновник -  
УКРЗАЛІЗНИЦЯ**  
Видавець - Науково-дослідний  
та конструкторсько-  
технологічний інститут  
залізничного транспорту  
(Філія "НДКТИ" АТ "Укрзалізниця")

Видається з травня 1996 р.  
Реєстраційне свідоцтво КВ № 1429  
від 10.05.95.

**Головний редактор**

Мямлін С.В.

**Заступник головного редактора**

Грищенко С.Г.

Матеріали в журналі друкуються мовою оригіналу: українською, англійською та російською, з рефератами.  
Статті рецензуються.  
Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей несуть автори публікацій та рекламодавці.  
Передрук матеріалів - тільки з дозволу редакції журналу.  
Індекси журналу в Каталозі передплатних видань України: для індивідуальних передплатників - 74126; для підприємств та організацій – 40294.  
На рік видається 4 номери журналу.  
Ціна договірна.  
Формат 60x90/8.  
Папір крейдований.  
Друк офсетний.  
Установчий тираж: 200 прим.  
Журнал надруковано у типографії філії «НДКТИ» АТ «Укрзалізниця».

**Адреса редакції:**

Україна, 03038, Київ,  
вул.Федорова, 39, філія «НДКТИ»  
АТ «Укрзалізниця»,  
редакція журналу  
«Залізничний транспорт України».  
Тел.: +38 (044) 309-68-93.  
Факс: +38 (044) 528-93-01.  
E-mail: gryshenko.s@lotus.uz.gov.ua;  
ztu1520mm@gmail.com;  
[https://www.uz.gov.ua/about/activit\\_y/science/ndkti\\_uz/ztu/](https://www.uz.gov.ua/about/activit_y/science/ndkti_uz/ztu/).

**Над випуском працювали:**

Грищенко С.Г., Миргородська А.І.,  
Шпортко Є.В.

**ШАНОВНІ ЗАЛІЗНИЧНИКИ  
ТА НАУКОВЦІ, ЧИТАЧІ ЖУРНАЛУ  
«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ  
УКРАЇНИ»!**



Сучасні умови роботи залізничного транспорту, як ніколи, потребують консолідації зусиль всіх ланок управління та виробничого потенціалу галузі. Саме спільними зусиллями можна подолати всі негативні наслідки російської агресії, що за всіма напрямками шкодить нашій державі. І, в першу чергу після військових, на передовій виробничого фронту знаходяться залізничники. Ворог цілеспрямовано завдає пошкоджень та знищує критичну інфраструктуру, до якої належить і залізничний транспорт. Бойові дії завдали і продовжують завдавати негативного впливу на залізничну галузь: гинуть та калічаються люди, пошкоджується та знищується рухомий склад і об'єкти інфраструктури. Все це потребує відповідного відновлення та відбудовування. Саме тому набуває актуальності розробка і впровадження сучасних технологій відновлення та ремонту всіх без винятку систем і технічних засобів залізничного транспорту. Інженерна думка завжди допомагала в скрутні часи долати негаразди на виробництві, тому зараз як раз і є той час, коли саме інженерно-технічне забезпечення залізничної галузі має задавати основний вектор відновлення та розвитку. Багато вже робиться і ще більше треба буде зробити на шляху відбудови та виведення залізничної галузі на якісно новий рівень технічного і технологічного розвитку.

Вважаю, що до галузевого науково-практичного журналу «Залізничний транспорт України» слід направляти, в першу чергу, матеріали статей за актуальними темами розвитку всіх складових діяльності залізничного транспорту: і рухомого складу, і інфраструктури, і технологій перевезення вантажів та пасажирів, тому що залізнична галузь потребує інновацій і комплексних прогресивних науково-технічних рішень.

Напередодні Нового Року та Різдва бажаю всім залізничникам та їх родинам міцного здоров'я, щастя, миру та добробуту!

*З повагою,  
Член правління АТ «Укрзалізниця»  
Володимир КРОТ*

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 р., та включено до української загальнодержавної реферативної бази даних «Україніка наукова» і пошукової системи Google Scholar.

Матеріали даного випуску розглянуто та рекомендовано до друку науково-технічною радою філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».

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.

### РЕДАКЦІЙНА РАДА

ПЕТРЕНКО В. О., перший заступник  
директора філії «НДКТІ»  
АТ «Укрзалізниця» (голова ради)  
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)

КЕЛЬРІХ М. Б., докт. техн. наук,  
професор, науковий радник  
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, науковий радник  
філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця»  
(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 України (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»  
(заступник головного редактора)  
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)  
КАЛІВОДА Ян, канд. техн. наук,  
ас. професора 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»  
(головний редактор)  
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, заступник директора  
філії «Центр діагностики залізничної  
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця»  
(Україна)  
ФАЛЕНДИШ А. П., докт. техн. наук,  
професор, завідувач кафедри  
«Транспортні технології  
підприємств» Приазовського  
державного технічного університету  
(Україна)

<b>ЗМІСТ</b> ...	<b>CONTENTS</b> ...
<b>Сторінки історії</b> ...	<b>Chapter of history</b> ...
<b>Мямлин С. В., Грищенко С. Г.</b> Голові наглядової ради, Президенту ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» Приходьку Володимирі Івановичу – 80 років ..... 4	<b>S. Myamlin, S. Gryshchenko</b> Chairman of the Supervisory Board, President of PJSC "Kryukovsky railway car building works" Prikhodko Vladimir Ivanovich is 80 years old ..... 4
<b>Транспортні системи та логістика</b> ...	<b>Transport systems and logistics</b> ...
<b>Бакалінський О. В., Маліцький В. В.</b> Проблеми та тенденції ринку використання вантажних вагонів ..... 7	<b>A. Bakalinsky, V. Malitskiy</b> Problems and trends of the market for the use of freight cars ..... 7
<b>Новини АТ «Укрзалізниця»</b> ...	<b>News of PJSC "Ukrzaliznytsia"</b> ...
Технічні новини вокзалів ..... 15	Technical news of railway stations ..... 15
<b>Рухомий склад</b> ...	<b>Rolling stock</b> ...
<b>Штястняк П., Герліці Ю., Ракар М., Кравченко К.</b> Удосконалення конструкції вхідних дверей пасажирських вагонів ..... 16	<b>P. Šťastniak, J. Gerlici, M. Rakár, K. Kravchenko</b> Improving the design of passenger wagon entrance doors ..... 16
<b>Інфраструктура</b> ...	<b>Infrastructure</b> ...
<b>Мямлін С.В., Макаров Ю.О., Залеський Р.Ю.</b> Зменшення зносу пари «колесо-рейка» шляхом удосконалення технології лубрикації ..... 27	<b>S. Myamlin, Yu. Makarov, R. Zaleskiy</b> Reduction of side wear of rails and wheel parts of the wheel pairs due to different types of lubrication ..... 27
<b>Новини АТ «Укрзалізниця»</b> ...	<b>News of PJSC "Ukrzaliznytsia"</b> ...
Науково-технічна рада АТ «Укрзалізниця» ..... 38	Scientific and technical rada of JSC «Ukrzaliznitsia»..... 38
<b>Інфраструктура</b> ...	<b>Infrastructure</b> ...
<b>Твердомед В. М.</b> Якісна оцінка стану рейкової колії при взаємодії з рухомим складом ..... 39	<b>V. Tverdomed</b> Qualitative assessment of rail track condition in interaction with rolling stock ..... 39
<b>Інформатизація і зв'язок</b> ...	<b>Informational support and communication</b> ...
<b>Гайдено О.С., Голуб Г.М., Кульбовський І.І., Луцай Ю.В., Титорчук Р.І.</b> Проектування програмного забезпечення та алгоритмічні основи автоматизації прийняття рішень щодо продовження терміну експлуатації несучих конструкцій пасажирських вагонів локомотивної тяги ..... 49	<b>O. Haidenko, H. Holub, I. Kulbovskiy, Yu. Lushchai, R. Titorchuk</b> Software design and algorithmic bases of decision-making automation regarding the locomotive traction passenger cars load-bearing structures service life extension ..... 49
Доповнення до статті Прокопенка П.М. і Фоміна О.В. у випуску журналу «Залізничний транспорт України» № 3/2022 ..... 55	Supplement to the article of P. Prokopenko and O. Fomin in the magazine "Railway Transport of Ukraine" No 3/2022 ..... 55
<b>Мямлин С. В.</b> Олександр Пшінько – видатний ректор, вчений, педагог ..... 56	<b>S. Myamlin</b> Oleksandr Pshinko - outstanding rector, scientist, teacher ..... 56
Реферати ..... 57	Abstracts ..... 57
Покажчик публікацій в журналах «Залізничний транспорт України» за 2022 рік ..... 66	Index of publications in "Railway Transport of Ukraine" magazines for 2022 ..... 66



## **ВІТАЄМО** **Голову Наглядової ради –** **Президента** **ПАТ «Крюківський** **вагонобудівний завод»** **Приходька Володимира** **Івановича** **із 80-річним ювілеєм!**

Життя, праця, родина та завод для Володимира Івановича Приходька злилися в одне єдине поняття. Він народився 14 жовтня 1942 року у сім'ї майбутнього директора Крюківського вагонобудівного заводу, Героя Соціалістичної Праці СРСР Приходька Івана Митрофановича і ходить на роботу на цей завод понад 40 років, що знаходиться у місті Кременчук, Полтавської області, на вулиці, яка носить ім'я його батька.

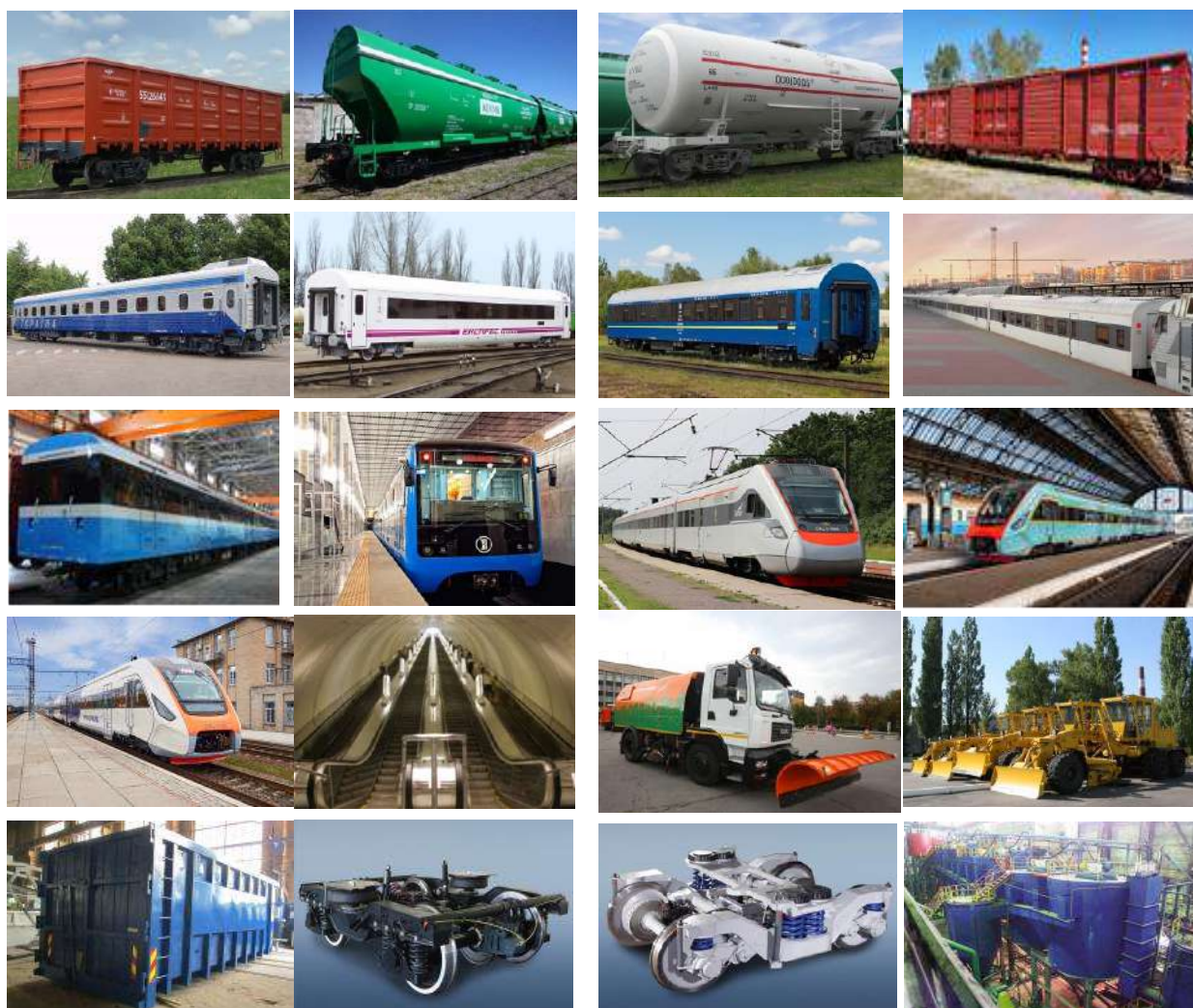
Істинне покликання Приходька Володимира Івановича – це творення у сфері залізничного рухомого складу та розвиток виробництва рідного вагонобудівного заводу. З 18 років, після закінчення Крюківського машинобудівного технікуму, він почав працювати слюсарем, а потім техніком-конструктором на вагонобудівному заводі. У 1963-1967 роках навчався у знаменитому технічному інституті МВТУ ім. М.Є. Баумана і після закінчення навчання повернувся до рідного Кременчука, де з 1967 по 1978 роки працював на Кременчуцькому автомобільному заводі (КрАЗ) інженером-конструктором, заступником начальника експериментального цеху з випробувань, заступником головного інженера заводу з нової техніки та розвитку. У 1978 році Володимир Іванович був призначений головним інженером Крюківського вагонобудівного заводу.

В 1984 році Приходько В.І. був запрошений на навчання до Академії народного господарства при Раді Міністрів СРСР і у період навчання отримав науковий ступінь кандидата технічних наук. Після закінчення академії з 1986 року працював директором Всесоюзного науково-дослідного проектно-технологічного інституту вагонобудування у місті Кременчуці.

За часів «перебудови», коли працівники промислових підприємств на зборах обирали собі керівників, колектив Кременчуцького виробничого об'єднання вагонобудування (ВО «КВСЗ») 12 лютого 1988 року обрав Приходька В.І. своїм керівником та через 3 дні наказом по Міністерству важкого, енергетичного та транспортного машинобудування СРСР він був призначений на посаду генерального директора цього підприємства. З того часу він не змінював місце роботи, хоча назва посади змінювалася разом із змінами назв підприємства. З 1995 року Володимир Іванович – генеральний директор ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод», а з 1997-го – президент цього товариства, без звільнення з посади генерального директора. З квітня 2003 року – голова Наглядової ради – президент, спочатку відкритого, потім публічного акціонерного товариства «Крюківський вагонобудівний завод».

За роки «перебудови» та незалежності України Володимир Іванович Приходько зумів не лише зберегти свій рідний завод, а й вивести підприємство за номенклатурою його продукції, її якості та організацією робіт на рівень кращих підприємств європейського рівня. Крім розширення типуажу основної своєї продукції – вантажних вагонів, фахівцями заводу було створено нову вітчизняну галузь пасажирського вагонобудування, розроблено та поставлено на серійне виробництво: пасажирські вагони всіх класів, вагони та поїзди метрополітену, швидкісні

міжрегіональні двосистемні електропоїзди, дизель-поїзди, тунельні та поверхові ескалатори, машини комунальної техніки, автогрейдери, контейнери різних типів, вагонні візки, металоконструкції на індивідуальні замовлення:



Ще на початку своєї керівної діяльності на Крюківському вагонобудівному заводі Володимир Іванович розробив стратегію розвитку цього підприємства, яка залишається актуальною і сьогодні, це: збільшення номенклатури продукції, розширення географії ринків збуту, розвиток експортних поставок. Він є, з одного боку, зберігачем машинобудівних традицій підприємства, з іншого боку, новатором сучасних технологій виробництва та впровадження інноваційних транспортних конструкцій, що дозволяє акціонерному товариству стабільно працювати та забезпечувати повний портфель замовлень.

Великою заслугою Приходька В.І. є те, що він створив на КВСЗ єдиний творчий колектив конструкторів, інженерів, техніків та робітників, який працює як одна виробнича сім'я. У 1996 році було створено благодійний фонд «Крюковвагон», з дня заснування якого ним керує Володимир Іванович. Мета діяльності фонду – надання допомоги непрацюючим пенсіонерам підприємства, самотнім людям похилого віку, інвалідам війни та праці, учасникам ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС, а також фінансова підтримка неприбуткових медичних, навчальних та інших організацій. Наразі фонд надає активну підтримку Збройним силам України у захисті нашої Вітчизни.

Володимир Іванович Приходько веде велику наукову діяльність. Він автор понад 200 наукових праць та близько 100 винаходів, є академіком Транспортної академії України, дійсним членом Східно-Української Академії бізнесу, членом Підйомно-транспортної академії України. Як професор кафедри «Технологія машинобудування та обробка металів тиском»

Кременчуцького національного університету бере активну участь у підготовці молодих інженерних кадрів для свого заводу та всієї країни.

За великий внесок у розвиток транспортного машинобудування України та благодійну діяльність Приходько В.І. відзначений великою кількістю державних та недержавних нагород. Він нагороджений орденами «За заслуги» II та III ступеня, орденом «Дружби». Йому присуджено звання «Заслужений машинобудівник Української РСР». За виконання комплексу науково-технічних робіт із створення модельного ряду пасажирських вагонів, а по суті, за створення в Україні галузі пасажирського вагонобудування, у складі авторського колективу Приходька Володимира Івановича удостоєно звання Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки. Він має низку міжнародних недержавних нагород: "Золотий Меркурій", орден "Нестора Літописця", "Золота Фортуна", французька "Золота медаль Асоціації сприяння промисловості (SPI)", "Золотий ягуар", орден "Святого Архістратига Михаїла". Удостоєний знаків: «Відмінний прикордонник», «300 років інженерним військам», «Почесному залізничнику», «Почесний вагонобудівник», «Почесний працівник транспорту України», «Залізнична слава», «Золотий знак Української спілки промисловців та підприємців», «За сприяння розвитку залізничного транспорту», «За розвиток соціального партнерства». Неодноразово обирався депутатом Полтавської обласної ради, з 2002 року – Почесний громадянин міста Кременчука.

Володимир Іванович людина невгамовної енергії і заряджає нею своїх колег та партнерів, що дозволяє отримувати їм більшу впевненість у своїх силах та швидше досягати результатів у інженерній творчості. Поєднання мудрості, гостроти розуму, життєлюбності та високого професіоналізму дозволяють йому бути лідером за всіма напрямками діяльності, насамперед у науково-технічній творчості та інноваційному розвитку транспортного машинобудування.

Галузевий науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» неодноразово публікував статті про науково-технічні розробки Крюківського вагонобудівного заводу під авторством Приходька В.І., а також інших керівників та інженерно-технічних працівників заводу і вчених. Впевнені, що інноваційні розробки для рухомого складу залізниць та інших видів транспорту будуть і надалі основою науково-технічного потенціалу вітчизняного машинобудування.

***У цей славний ювілей бажаємо Володимиру Івановичу Приходьку, як інженеру-механіку з великої літери, керівнику виробництва та вченому, міцного здоров'я і нових творчих та практичних успіхів у справі розвитку транспортного машинобудування України!***

***Головний редактор журналу  
«Залізничний транспорт України»  
Мямлін С.В.,***

***доктор технічних наук, професор,  
Заслужений діяч науки та техніки України,  
Лауреат Державної премії України  
в галузі науки і техніки,  
академік Транспортної академії України***

***Заступник головного редактора журналу  
«Залізничний транспорт України»  
Грищенко С.Г.,  
кандидат технічних наук, доцент,  
академік Транспортної академії України***



УДК 338.47:656

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-07-15

*Д-р екон. наук Бакалінський О.В.  
Аспірант Малицький В.В.*

**ПРОБЛЕМИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РИНКУ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**  
**PROBLEMS AND TRENDS OF THE MARKET FOR THE USE OF FREIGHT CARS**

*Ключові слова:* вантажні залізничні перевезення, ціноутворення, попит використання вантажних вагонів, конкуренція на ринку використання вантажних вагонів.

**Вступ**

Дерегуляція вагонної складової тарифу дозволила АТ «Укрзалізниця» стати повноправним учасником ринку використання вантажних вагонів. Водночас наявність у компанії майже половини вантажних вагонів, що експлуатуються на території України, не надала їй можливості домінувати на цьому ринку послуг. За підсумками 2021 року замовлення вагонів товариства становило лише 28 % від загальної кількості вантажних вагонів, що були навантажені на території України. Варто зазначити, що на момент виходу на ринок у 2018 році частка вантажних вагонів товариства в обсягах загального навантаження була на рівні 40 %. Тобто спостерігається тенденція поступової відмови клієнтів від вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» та нарощування використання вагонів приватних компаній [1].

Задля виявлення основних причин та факторів, що сприяли негативній зміні попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця», пропонується проаналізувати чинники, що обумовили таку ситуацію, та визначити сучасні тенденції ринку використання вантажних вагонів.

**Аналіз попередніх досліджень та публікацій**

Проблематика взаємодії учасників ринку вантажних перевезень залізничним транспортом висвітлювалась у працях зарубіжних та вітчизняних вчених, а також багатьох фахівців-практиків. Так, дослідниками перспектив розвитку трансазійських залізничних перевезень [2] було зауважено, що для підвищення попиту на залізничний вантажний транспорт необхідно прискорювати такі перевезення та знижувати їх вартість. Зростання доходів у цьому випадку можливе за рахунок збільшення обсягів перевезень сировини та масових вантажів. Цьому сприятимуть проведена модернізація та зменшення рівня затрат на обслуговування інфраструктури, інвестиції в її розвиток, координація роботи залізничних компаній суміжних держав, спрощення в логістиці, що дозволить прискорити прямування вантажних поїздів територією різних держав, у тому числі при переході з однієї ширини колії на іншу.

У роботі [3] автори зазначають, що на ринок вантажоперевезень залізничним транспортом України напряму впливають стан промисловості, тенденції зміни світового попиту на сировину та напівфабрикати, стан рухомого складу залізничного транспорту, проблеми з забезпеченням локомотивної тяги, якість послуг, що пропонуються клієнтам. У праці [4] наголошено, що головне завдання залізничного транспорту – перевозити негабаритні вантажі, сировину, устаткування, важку техніку. Для деяких товарних груп залізничний транспорт є безальтернативним способом транспортування. При цьому такі перевезення наразі можуть без обмежень виконуватися у будь-яку пору року.

Серед проблемних моментів ефективного використання залізничного транспорту для перевезення вантажів автори дослідження [5] зазначають недосконалу інфраструктуру, необхідність поєднувати використання одних колій для перевезень пасажирів і вантажів, недосконалу політику формування тарифів, низький розвиток інформаційних технологій, втрату ринків, обумовлену збройною агресією з боку росії. У дослідженні [6] зазначається, що підвищення ефективності залізничних перевезень напряму пов'язане з наявністю необхідної

кількості та якістю використання рухомого складу, необхідністю оптимальної організації роботи перевантажувальних терміналів, а також спрощенням процесу перевезення.

Автори роботи [7] серед позитивного досвіду АТ «Укрзалізниця», що сприяв поліпшенню ведення бізнесу у 2018-2020 роках, зазначають запровадження на окремих маршрутах кільцевих перевезень вантажів, графікових відправлень, прискорення навантажувально-розвантажувальних робіт. Такі підходи надали нашій країні можливість піднятися на 10 позицій рейтингу можливостей для внутрішнього бізнесу. Однак у зовнішній логістиці рейтинги України залишаються невтішними.

Щоб зберегти здобуті позиції на ринку контейнерних перевезень залізничним транспортом, а також залучити додаткові обсяги вантажів для таких перевезень, необхідно переглянути політику взаємодії з клієнтами, зробити її гнучкою, простою, зрозумілою. Це стосується напрямків ціноутворення, взаємодії та обслуговування в режимі реального часу, спрощення та прискорення організації перевезень [8]. Одними з причин падіння попиту на послуги вантажного залізничного транспорту в Україні дослідники [9] виділяють недосконалість залізничної інфраструктури (невідповідність її нормам ЄС), високу вартість логістичних послуг, що майже вдвічі вища за європейську, постійне зростання вартості логістичних послуг у внутрішньому сполученні, зменшення обсягів перевезень, обумовлених падінням попиту на основні групи товарів, що транспортуються залізницею.

Огляд зарубіжних та вітчизняних публікацій, що стосуються питань взаємодії клієнта та залізниці, дозволив виокремити загальні тенденції, що спостерігаються на ринку послуг з транспортування вантажів залізничним транспортом:

- для збільшення рівня попиту на послуги залізничного транспорту, а відтак і на послуги з використання вантажних вагонів, необхідно приділяти належну увагу інфраструктурі та стану рухомого складу;
- недосконала організація перевізного процесу не сприяє привабливості залізничного транспорту й не дає можливості нарощувати попит на його послуги;
- попри часткове монопольне становище на ринку вантажоперевезень, якість обслуговування клієнтів є запорукою розширення співпраці в майбутньому;
- поточна ситуація із встановленням цін на послуги залізничного транспорту далека від ринкової, а тому потребує відповідної адаптації;
- бізнес позитивно реагує на впроваджені АТ «Укрзалізниця» новації в частині прискорення доставки вантажів та спрощення процедури обслуговування;
- обсяги замовлень послуг з перевезення вантажів залізничним транспортом, у тому числі з використанням вагонів товариства, напряму залежать від економічної ситуації в Україні та за її межами.

#### **Мета та завдання дослідження**

Метою роботи є дослідження поточної ситуації та тенденцій на ринку послуг використання вантажних вагонів.

Завданням дослідження є:

- виявлення ринкових чинників, що вплинули на попит;
- формування основних тенденцій ринку використання вантажних вагонів;
- підготовка пропозицій щодо управлінських рішень для позитивної зміни попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця».

#### **Матеріали та методи дослідження**

З огляду на наявні загальні тенденції взаємодії клієнтів та залізниці аналізується стан використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» задля виявлення слабких місць у процесі підготовки цінових пропозицій клієнтам. Узагальнюються ключові проблеми використання різних типів вантажних вагонів з метою виокремлення сучасних тенденцій цього ринку послуг та підготовки пропозицій для позитивного впливу на замовлення клієнтами вантажних вагонів товариства.

#### **Основна частина дослідження**

Після дерегуляції вагонної складової тарифу та виходу АТ «Укрзалізниця» на ринок послуг з використання вантажних вагонів інтерес клієнтів до таких вагонів дещо знизився. За період з

2018 по 2021 рік товариство втратило на цьому ринку послуг частку, яка сумарно становить близько 12 %.

Варто зазначити, що структура попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця» не рівномірна. Вона залежить від типу вантажних вагонів, їх стану, обсягів перевезень, поведінки конкурентів, а також ринкових цінових пропозицій. Найбільше у клієнтів з невеликими обсягами замовлення користуються попитом вагони товариства, що використовуються для перевезень не масових вантажів [10]. Зокрема, це платформи різних типів, криті вагони різних типів, цементовози, рефрижератори. Такий тип вантажних вагонів не генерує високого рівня доходів, використовується не часто й затратний в обслуговуванні. Тому приватні компанії, окрім тих, де виробничими процесами передбачено транспортування сировини чи готової продукції саме такими вагонами, не нарощують їх кількості. Через це АТ «Укрзалізниця» домінує, надаючи цей вид послуг.

Інша справа, коли використовуються вагони для перевезень масових вантажів (зерновози, напіввагони, мінераловози). У цьому випадку приватні компанії можуть отримувати суттєві прибутки за використання рухомого складу через транспортування великих партій вантажу. При цьому, у випадку своєчасної реакції на цінові пропозиції конкурентів, надлишок таких вагонів завжди можна задіяти в додаткових перевезеннях протягом року й отримувати за це додаткові доходи, чим будуть покриватися витрати на ремонти, обслуговування, простої у періоди міжсезонних спадів перевезень. Саме тому приватні компанії останнім часом систематично оновлюють парк таких вагонів, внаслідок чого частка ринку використання напіввагонів, зерновозів, мінераловозів АТ «Укрзалізниця» постійно знижується.

На рисунку 1 наведений розподіл попиту, а також корисної частки основних типів вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» за підсумками 2021 року.

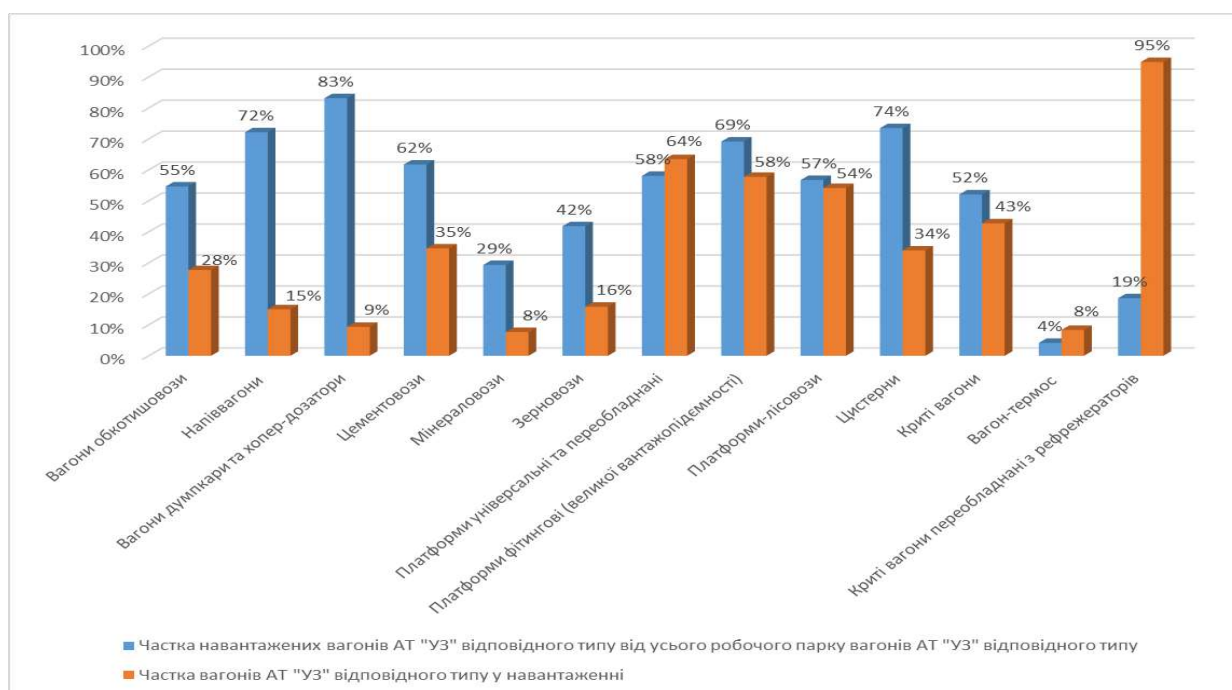


Рис. 1 - Співвідношення попиту та корисної частки основних типів вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» за підсумками 2021 року.

Джерело даних - аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Серед чинників, що вплинули на наведені на рисунку 1 показники, можна виокремити такі.

Насамперед це економічна ситуація в країні, викликана пандемією COVID-19, а також збройною агресією зі сторони росії, що не припиняється з 2014 року. Вона вплинула на обсяги перевезень, напрямки вантажопотоків, на швидкості перевезення та втрату частини ринку на користь автомобільного транспорту.

Зростанню попиту на вагони АТ «Укрзалізниця» не сприяв також їх незадовільний стан. За наявними даними [11], рівень зносу окремих типів вантажних вагонів вже сягнув за 90 %, у той час як рівень зносу вантажних вагонів приватних власників не перевищує показник у 60 %. При цьому ринок пропонує клієнтам вагони, термін експлуатації яких не перевищує 10 років. А це надійність, безпека перевезень, схоронність вантажу.

Наступним чинником є недосконала цінова політика при наданні послуг з використання вантажних вагонів товариства. Наразі ціни на такі послуги формуються на основі даних минулих років [12]. В умовах конкуренції, коли за основу беруться показники двохмісячної, а в деяких випадках і річної давності, товариство просто не встигає за ціновими пропозиціями інших власників, а тому його ціна далека від середньо ринкової. Знижує попит на вантажні вагони товариства постійне нарощування приватними компаніями найбільш популярних серед користувачів послуг залізничного транспорту з надання вантажних вагонів (зерновози, напіввагони). За останні п'ять років кількість приватних вагонів, що використовуються на залізницях України, зросла у півтора рази [11]. Варто зазначити, що приватні компанії зазвичай купують нові вагони, тому інтерес клієнтів до такого рухомого складу очевидний.

Відносно складний та бюрократизований процес взаємодії АТ «Укрзалізниця» з користувачами їх послуг також не сприяє зростанню попиту. Тут слід виділити необхідність взаємодії одночасно з декількома філіями товариства, кожна з яких відповідає за окрему ланку в загальному процесі, наявність драконівських штрафних санкцій за помилки при оформленні заявок на вантажні вагони, низьку швидкість доставки вантажів. Варто також зупинитися на періодичних змінах АТ «Укрзалізниця» умов Договору організації перевезень вантажів у межах звітних періодів. Окрім постійного перегляду ставок плати, товариство також періодично переглядає базові умови надання супутніх та додаткових послуг, що впливають на загальну вартість перевезення. Тобто для клієнтів, які заздалегідь спланували свої витрати на поточний рік, виникають додаткові витрати на логістику, що в подальшому знижують їх прибуток.

Введено передачу частини окремих типів вантажних вагонів на реалізацію через англійський аукціон системи «Прозорро.Продажі». Така ідея дозволила товариству продавати використання вантажних вагонів для клієнтів за ринковою ціною в режимі реального часу й отримувати додатковий прибуток за цю послугу. Однак реалізація таких вантажних вагонів відбувається лотами від 5 одиниць. Тобто АТ «Укрзалізниця» у цьому випадку не управляє попитом невеликих клієнтів, яким потрібно для перевезень одиночні вагони або групи до 5 одиниць. Крім того, в аукціоні беруть участь не менше двох клієнтів, а послугу отримує лише переможець, який запропонував найвищу ціну. Решта потенційних замовників послуг будуть шукати вантажні вагони деінде.

Як видно з рисунку 1, у товариства навіть за найбільш затребуваними типами вагонів залишається «у резерві» ще достатня кількість вантажних вагонів, які потенційно можна пропонувати клієнтам. Для прикладу: резерв для напіввагонів становить 28 %, зерновозів – 58 %, цистерн – 26 %, мінераловозів – 71 %, універсальних платформ – 42 %. Окрім відсутності попиту, до причин падіння обсягів перевезень також можна додати несвоєчасне проведення ремонтів вантажних вагонів. Так, згідно даних Міністерства інфраструктури України [13] більше 84 % незапланованих ремонтів вагонів припадає на відновлення їх кузовів та рам. Тобто до моменту усунення неполадок подавати клієнтам такі вагони не стануть, тому що не гарантується безпека перевезень та схоронність вантажу.

Крім того, проблема обслуговування невеликих клієнтів на малодіяльних дільницях, навіть при компенсації з їх боку додаткових затрат товариства, наразі наштовхується на відсутність достатньої кількості локомотивної тяги. Наразі в АТ «Укрзалізниця» понад 96 % тягового рухомого складу майже вичерпали свій експлуатаційний ресурс [11].

У таблиці 1 приведена систематизація причин, що впливають на попит використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця».

Далі на прикладі помісячного навантаження найбільш популярних типів вагонів (напіввагони, зерновози, цистерни, універсальні платформи) розглянемо динаміку змін попиту, а також чинники, що її обумовили.

Табл. 1 – Систематизація причин, що вплинули на попит використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця».  
Джерело даних – розроблено авторами

№ п/п	Причини	Перелік чинників
1	Економічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- загальна економічна ситуація в країні;</li> <li>- відсутність гнучкості при ціноутворенні на послуги з використання вантажних вагонів;</li> <li>- формування цін на послуги за даними минулих періодів без урахування поточної ситуації на ринку;</li> <li>- нарощування приватними компаніями парку власних вагонів;</li> <li>- непрогнозований перегляд умов Договору, що призводить до зростання логістичних витрат.</li> </ul>
2	Організаційні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- складний процес взаємодії залізниці та клієнта;</li> <li>- бюрократичні перепони при наданні послуг з перевезення вантажів залізничним транспортом;</li> <li>- виключно сезонне використання окремих типів вантажних вагонів, що призводить до тривалого їх простою;</li> <li>- орієнтація на потреби великих клієнтів.</li> </ul>
3	Технічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- незадовільний стан вантажних вагонів, що майже вичерпали свій експлуатаційний ресурс;</li> <li>- несвоєчасне проведення ремонтів вантажних вагонів;</li> <li>- відсутність достатньої кількості тягового рухомого складу.</li> </ul>

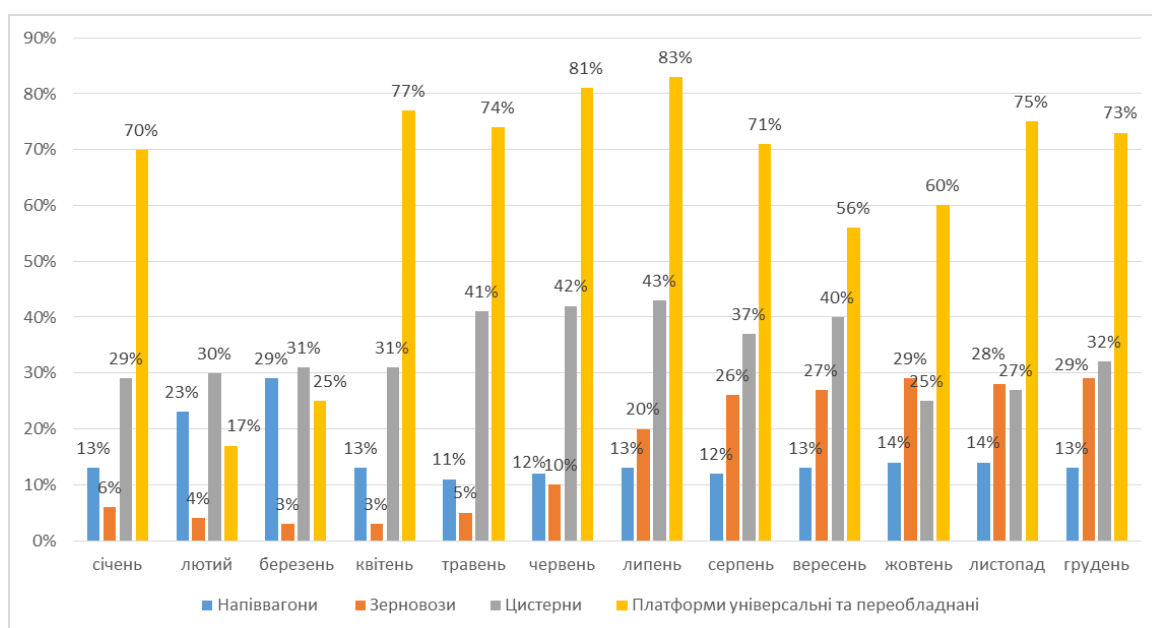


Рис. 2 – Динаміка зміни відносної величини замовлених напіввагонів, зерновозів, цистерн, платформ універсальних та переобладнаних АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених вагонів відповідних типів у 2021 році.  
Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Як видно з гістограм рисунку 2, АТ «Укрзалізниця» протягом року, незалежно від зміни обсягів перевезень у періоди сезонних перепадів, займає стабільну нішу на ринку використання напіввагонів. Різкі перепади у попиті протягом лютого-березня, пов'язані з експериментальною

реалізацією цього типу вагонів через голландський аукціон системи «Прозорро.Продажі» за ціною нижче середньоринкової.

Традиційно попит на вагони-зерновози зростає у періоди збільшення обсягів перевезення збіжжя. Водночас, як видно з рисунку 2, у першій половині року для транспортування зернових культур клієнти надавали перевагу вагонам приватних власників. Основні причини такого рішення – своєчасна реакція приватних компаній на цінові пропозиції в умовах спаду перевезень, а також використання нових вагонів-зерновозів [14].

На ринку використання цистерн товариство наразі займає стабільну частку. У період проведення сільськогосподарських робіт (травень-вересень) коли зростає попит на нафтопродукти, а відповідно, і на залізничні цистерни, приватні компанії не можуть його повністю покрити. Тому зростає попит на цистерни АТ «Укрзалізниця», який покривається за рахунок наявного у товариства резерву. Тобто в цьому випадку додаткові доходи товариства напряму залежать від зростання обсягів перевезень.

Як видно з даних на рисунку 2, на ринку використання універсальних платформ АТ «Укрзалізниця» протягом усього року займає домінуюче становище. Падіння ж попиту на цей тип вантажних вагонів у лютому та березні пов'язане із сезонним спадом обсягів перевезень та несвоєчасною реакцією державного перевізника на цінові пропозиції конкурентів, що мають у власності такий тип вантажних вагонів.

Об'єднаємо отримані дані та сформуємо у таблиці 2 основні тенденції, що наразі спостерігаються на ринку використання вантажних вагонів.

*Табл. 2 – Сучасні тенденції вітчизняного ринку  
послуг з використання вантажних вагонів.  
Джерело даних – розроблено авторами*

№ п/п	Чинник	Вплив чинника на ринок	Сучасна тенденція
1	Нарощування приватними компаніями парку вантажних вагонів	Падіння попиту на вагони АТ «Укрзалізниця» через незадовільний їх стан	Зниження частки АТ «Укрзалізниця» на ринку використання вантажних вагонів
2	Гнучка цінова політика	Своєчасна реакція на стан ринку використання вантажних вагонів у періоди сезонних перепадів перевезень, зниження обсягів транспортування вантажів	Зростання конкуренції на ринку
3	Застарілі підходи до ціноутворення в АТ «Укрзалізниця»	Пропозиція ціни за даними двохмісячної давності не завжди є актуальною та призводить до падіння попиту	Зростає інтерес до приватних вантажних вагонів, власники яких пропонують середньоринкову вартість послуги
4	Відсутність у приватних компаній інтересу до використання вантажних вагонів для перевезення не масових вантажів	Перевезення не масових вантажів на платформах, у критих вагонах, рефрижераторах у більшості випадків здійснюється АТ «Укрзалізниця». Цей вид рухомого складу не генерує високого та швидкого доходу, а тому непопулярний у приватних власників	На цьому ринку в АТ «Укрзалізниця» у конкурентах автомобільний транспорт. Задля збереження ринку необхідні гнучкі підходи до цінової політики
5	Високий рівень бюрократизації взаємодії клієнта та залізниці	Взаємодія АТ «Укрзалізниця» та клієнтів ускладнюється необхідністю одночасної взаємодії з декількома підрозділами (реєстрація в автоматизованих системах	Клієнти віддають перевагу компаніям, що надають комплексні послуги за принципом «єдиного вікна»

		перевізника, замовлення вагонів, оплата перевезень, безпосереднє приймання та видача вантажу, митне оформлення тощо)	
6	Відсутність у клієнтів достатньої виробничої потужності для замовлення більшої кількості вагонів	У більшості випадків промислові підприємства обмежують замовлення вантажних вагонів наявними фронтами навантаження, розмірами складських приміщень, наявністю площадок для зберігання вантажів тощо.	Для нарощування попиту на вагони АТ «Укрзалізниця» необхідно розширювати клієнтську базу за рахунок формування пропозицій, що відповідатимуть потребам ринку
7	Незадовільний стан вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця»	Клієнти віддають перевагу новим вагонам приватних власників, що забезпечують належний рівень безпеки перевезень та схоронності вантажу	Несвоєчасна заміна вантажних вагонів, що вичерпали свій експлуатаційний ресурс, призводить до падіння попиту та втрати частки ринку

### Висновки

Аналіз впливу ринкових чинників, які впливають на параметри попиту використання вантажних залізничних вагонів, виявив такі тенденції:

1. Збільшення конкуренції на ринку надання послуг використання вантажних вагонів для перевезення масових вантажів. Частка ринку послуг АТ «Укрзалізниця» зменшується.
2. Зростання інтересу користувачів послуг залізничного транспорту до вантажних вагонів приватних власників, які пропонують ринкову ціну послуги.
3. Зростатиме попит на послуги АТ «Укрзалізниця» при перевезенні не масових вантажів. Однак таке зростання не може стати заміною втрат від перевезень масових вантажів.
4. Невеликі компанії, що замовляють послуги з використання вантажних вагонів, надаватимуть перевагу взаємодії з приватними власниками вантажних вагонів, які надають послуги за принципом «єдиного вікна».
5. Сезонні падіння обсягів перевезень вантажів залізничним транспортом призводять до зростання конкуренції на ринку використання вантажних вагонів і падіння інтересу до вагонів АТ «Укрзалізниця», що поступаються приватним вагонам технічним станом та ціною.
6. АТ «Укрзалізниця» потребує розширення бази клієнтів, що неможливо без створення пропозицій, які відповідають потребам ринку.

Серед загроз АТ «Укрзалізниця» на ринку використання вантажних вагонів слід виділити такі:

- частка вагонів, що перебувають у резерві, зростає, але вона може бути зменшена шляхом побудови пропозицій відповідно до вимог ринку;
- клієнти надають перевагу новим вантажним вагонам приватних власників;
- попит від сегментів клієнтів, які замовляють невеликі кількості вагонів, повною мірою не задовольняється ні державним, ні приватними перевізниками;
- величина часового лагу, з яким АТ «Укрзалізниця» реагує на цінову чутливість клієнтів, є зовнішньою й такою, що зменшує обсяг продажу послуг;
- у періоди сезонних спадів перевезень ключову роль у замовленні вантажних вагонів відіграє їх технічний стан та ціна використання.

До можливостей АТ «Укрзалізниця» належать такі:

- наявний значний резерв вантажних вагонів;
- прискорення швидкості обертання вагона, що надається в користування клієнтам, які замовляють невеликі кількості вагонів (але за ціною, яка покриватиме всі витрати);
- застосування модернізованих підходів до ціноутворення;
- значення гнучкості у формуванні ринкової пропозиції зростатиме, непереборних перепон до збільшення гнучкості пропозицій не існує;

- зменшення кількості бюрократичних операцій, які повинен виконати клієнт при взаємодії з залізницею, сприятиме підвищенню попиту на залізничні вантажні перевезення.

Аналіз дії ринкових чинників, які викликають новітні тенденції на ринку використання вантажних вагонів показує, що швидке індивідуалізоване задоволення потреб клієнтів та запровадження практики ціноутворення, яка спирається на ринкові підходи, мають стати головними напрямками управлінських зусиль менеджменту АТ «Укрзалізниця».

### *Література*

1. Бакалінський О.В. Оновлення комплексу принципів ціноутворення як наслідок дерегуляції цін користування вантажними залізничними вагонами / О.В. Бакалінський, В.В. Маліцький // Review of transport economics and management. – Дніпро: Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна, 2020. – Вип. 4 (20). – С.115-122. <https://doi.org/10.15802/rtem2020/212796>.
2. Lasserre F. The Emergence of Trans-Asian Rail Freight Traffic as Part of the Belt and Road Initiative: Development and Limits / F. Lasserre, L. Huang, E. Mottet // China Perspectives. – 2020. – No. 2. – P. 43-52. <https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.10162>.
3. Двуліт З. П. Вплив COVID-19 на ринок вантажних залізничних перевезень / З. Двуліт, О. Мельник, І. Данилюк // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. – 2020. – Вип. 2, № 2. – С. 169-180. doi: 10.23939/smeu2020.02.169.
4. Організація міжнародних перевезень вантажів основними видами транспорту (огляд) / В.О. Новак, О. М. Кириленко, К. М. Разумова, В. В. Ігнатюк // Наукоємні технології. – 2022. – № 1(53). – С. 70-76. doi: 10.18372/2310-5461.53.16510.
5. Стасюк О. М. Ринки вантажних та пасажирських перевезень в Україні: проблеми та тенденції / О. М. Стасюк, Л. Ю. Чмирьова, Н. О. Федяй // Ефективна економіка. – 2020. – № 9. – doi: 10.32702/2307-2105-2020.9.54. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8199> (дата звернення: 01.10.2022).
6. Shramenko N. Analysis of the freight transportation market of Ukraine / N. Shramenko, V. Shramenko, O. Solarov // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2021. – Т. 1, № 16. – С. 30-35. doi: 10.36910/automash.v1i16.505.
7. Особливості розвитку ринку вантажних і пасажирських перевезень / М.М. Маяк, П.Б. Прогній, А.Й. Матвійшин, П.В. Попович, О.С. Шевчук, В.М. Островерхов, А.С. Коцур, О.В. Романишин // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2020. – Т. 2, № 15. – С. 64-71. doi: 10.36910/automash.v2i15.393.
8. Аналіз розвитку контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні / О. Г. Стрелко, Ю. А. Бердніченко, В. С. Вознюк, І. Л. Ковальський // Наукові праці ВНТУ. – 2020. – Вип. 2. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2020-2-39-44>.
9. Керничний Б. Я. Аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку транспортно-логістичного обслуговування вітчизняних промислових підприємств / Б. Я. Керничний, С.В. Радинський // Галицький економічний вісник. – 2021. – Т. 69, № 2. – С. 83-94. [https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk\\_tntu2021.02](https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2021.02).
10. Частка використання та відсоток утилізації власних вагонів Перевізника АТ «Укрзалізниця» // Акціонерне товариство «Українська залізниця». – URL: [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/stavky/share/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/share/) (дата звернення: 29.10.2022).
11. Кулак О. BRDO: Рівень зносу парку вагонів власності АТ «УЗ» критичний // Ukraine Rail Monitoring. – 19.02.2022. – URL: <https://urm.media/26549-2/> (дата звернення: 29.10.2022).
12. Порядок визначення та перегляду ставок плати за використання власних вагонів перевізника АТ «Укрзалізниця» в процесі надання послуг з перевезення вантажів // Акціонерне товариство «Українська залізниця». – URL: [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/stavky/order5/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/order5/) (дата звернення: 29.10.2022).
13. Аналіз регуляторного впливу до проекту наказу Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Порядку встановлення заборони експлуатації вантажних вагонів на



залізничному транспорті» // Міністерство інфраструктури України. – 5 березня 2021. – URL: <https://mtu.gov.ua/news/32666.html> (дата звернення: 29.10.2022).

14. Бакалінський О. В. Удосконалення ціноутворення при встановленні ціни на послуги з використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» / О.В. Бакалінський, В.В. Маліцький // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 2 (143). – С. 51-57.

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Бакалінський Олександр Вікторович**,  
д.е.н., професор, професор кафедри  
менеджменту Національного транспортного  
університету.  
Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1 (к. 243),  
м. Київ, 01010, Україна.  
Тел.: +38 050 351 25 10.  
E-mail: anticrisiscrew@gmail.com.  
ORCID ID: 0000-0003-1215-7470.

**Маліцький Віталій Валерійович**,  
аспірант кафедри менеджменту  
Національного транспортного університету.  
Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,  
м. Київ, 01010, Україна.  
Тел.: +38 068 210 82 50.  
E-mail: vitalij81@ukr.net.  
ORCID ID: 0000-0001-9210-5165.

## Новини АТ «Укрзалізниця»

### ТЕХНІЧНІ НОВИНИ ВОКЗАЛІВ

У жовтні поточного року АТ «Укрзалізниця» отримало від Товариства Червоного Хреста України (ТЧХУ) 35 електрогенераторів для забезпечення безперебійної роботи залізничних вокзалів у разі виникнення перебоїв в їх енергозабезпеченні в умовах війни росії проти України. Генератори забезпечать електрикою залізничні вокзали у Києві та обласних центрах: Запоріжжі (2 вокзали), Вінниці, Хмельницькому, Рівному, Івано-Франківську, Чернівцях, Ужгороді, Житомирі, Чернігові, Сумах, Харкові, Одесі, Черкасах, Кропивницькому, Тернополі, Львові (2 вокзали), а також у Кам'янці-Подільському, Бердичеві, Кривому Розі (2 вокзали), Ковелі, Коломиї, Мукачеві, Трускавці, Моршині, Жмеринці, Чопі, Миронівці, Тростянці, Бердичеві, на станціях Тараса Шевченка і Дарниці. Як зазначив член правління Укрзалізниці, голова пасажирського напрямку Олександр Перцовський, це дозволяє зробити вокзали незалежними від можливих атак ворога на енергетичну інфраструктуру України та розгорнути на вокзалах точки, де завжди можна буде отримати чай, каву та погрітися у зимовий період. Загальна вартість цієї гуманітарної допомоги складає майже 12 млн. гривень. "Впевнені, що надана допомога сприятиме безперебійному процесу перевезення пасажирів, які тікаючи від обстрілів, полишають свої оселі, щоб зберегти життя", заявив генеральний директор Національного комітету ТЧХУ Максим Доценко.



Раніше від Товариства Червоного Хреста України АТ «Укрзалізниця» вже отримала 154 водонагрівачів, які були розподілені серед 79 вокзалів. Завдяки новому обладнанню, кімнати відпочинку та кімнати для матерів з дітьми безперервно забезпечені гарячою водою.

UDC 629.4.02

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-16-26

*PhD Šťastniak P.*

*Dr. Ing. Gerlici J.*

*Ing. Rakár M.*

*PhD Kravchenko K.*

## **IMPROVING THE DESIGN OF PASSENGER WAGON ENTRANCE DOORS**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВХІДНИХ ДВЕРЕЙ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ**

*Keywords: double-deck railway vehicle, boarding system, railway station platforms, simulation analyses.*

### **Introduction**

Recently, the ratio of passengers and goods transported by rail has been growing quite significantly. This can also be seen as a result of the European Union's commitment to carbon neutrality by 2050 and use railway transport as a means of transporting people and goods in an environmentally friendly, safe and sustainable way. This call is associated with significant renewal, modernization and expansion, both in the field of means of transport and in the field of infrastructure.

One way to increase transport capacity is to increase transport speed. This can be achieved, for example, by increasing the maximum design speed of vehicles, but many are already beyond the limits of current infrastructure. In passenger transport, one of the possibilities for railway infrastructure administrators, transporters and also for manufacturers of passenger rolling stock is to reduce the time needed for passengers to board and leave at the station. This will reduce the time the train stays at the station and increase the overall speed of transport [1].

This is also related to ensuring level entrance to the vehicle without the use of stairs and platforms (also for passengers with reduced mobility), because high horizontal and vertical gaps between the platform and the vehicle cause injuries caused by falling between the vehicle and the platform or when getting out of a vehicle with a high floor to a low platform [2, 3].

The European Commission has set in its regulations two platform heights on newly built or reconstructed railway tracks. Subsequently, the development of the vehicles is adapted to these platform heights so that the boarding edge (vehicle floor) is approximately at their level. However, the reconstruction of the existing infrastructure is not proceeding fast enough to eliminate the problem of platform diversity soon.

Therefore, manufacturers apply to vehicles various constructions and equipment's (for example ramps, fixed or moving steps), which allow the operation of off-level platforms. We dealt with this issue when designing an auxiliary equipment (module) for a newly developed double-decker railway vehicle, which will be used for suburban and regional transport. The aim was to design such a device, that will ensure level entrance to the vehicle from platforms with a height of 550 mm above top of rail and lower, in compliance with current European legislation and without the need to modify the rough construction of the vehicle.

### **The relationship between station platforms and entrance area of a vehicle intended for suburban and regional transport**

The station platform is one of the basic elements of the railway infrastructure, because allows passengers to get in and out of the railway vehicle. It represents a connection between the static and dynamic part of the transport system, which makes it an important factor for evaluating the quality and safety of the entire transport process.

According to [4] on newly built and upgraded tracks, the nominal platform height shall be 550 mm or 760 mm above the top of rail. Both types of platforms are used e.g. in Germany. The Czech and Slovak Republics use only the first of them. In the case of suburban and regional rolling stock, manufacturers shall make every effort to adapt the boarding edge height to the platform height in order to achieve a safe and comfortable boarding for passengers with reduced mobility, seniors, prams and, last but not least, ordinary passengers. (Fig. 1).



*Fig. 1 – Vehicles with adapted boarding area*

However, on many main as well as secondary tracks, there is still a high number of platforms lower than 400 mm, which were built many years ago and do not comply with current legislation. For this reason, boarding vehicles with a boarding area adapted for platform heights of 550 mm above the top of rail operated on tracks with platforms lower than 400 mm (e.g. 210 mm) is often uncomfortable, restrictive and, above all, dangerous for passengers.

Manufacturers shall normally install an auxiliary fixed (Fig. 2) or movable step (Fig. 3) in the vehicle to facilitate boarding and leaving of ordinary passengers [5, 6]. These devices fulfill a safety function because they fill the gap between the platform and the boarding area in the vehicle, which improves the possibility of barrier-free boarding and prevents the passenger from falling between the vehicle and the platform.



*Fig. 2 – Fixed step on the vehicle Talent of Bombardier Transportation*

If the vehicle is to be operated on tracks with a platform height of 550 mm above top of rail and the vehicle has a height of the boarding area adapted to this platform, the movable step (1) should be installed just below the boarding area of the vehicle (3).

When operating the vehicle on tracks with different platform heights, the manufacturers install another step (2) under the first retractable step, which assists passengers in boarding the vehicle from platforms lower than 400 mm above top of rail.



*Fig. 3 – Extendable steps on the vehicle 14Ev from Škoda Transportation*

If the construction of the rough construction of the vehicle due to lack of space does not allow to place both steps in the space under the interior floor, then the lower step is installed under the vehicle itself. This design solution is not very suitable and popular, because if the vehicle is operated even in colder climatic conditions, then snow and ice could disrupt the movement of the mentioned auxiliary step [7].

For these reasons, it is necessary to develop new design solutions and one of them is the main subject of our research.

#### **New concept and design of a height-adjustable boarding system**

When proposing boarding the vehicle by means of movable steps or adjusting the boarding area, it was necessary to proceed in accordance [4] and [8].

A level entrance according to the PRM TSI regulations can be considered as entrance from the platform to the door of the railway vehicle when the interior of the vehicle boarding area does not contain any steps. The gap between the end plate of the entrance door or also of the extended bridge platform/step and the station platform does not exceed 75 mm measured horizontally and 50 mm measured vertically.

A movable step is in this case defined as a retractable device built into the vehicle below the level of the vehicle door area and is fully automatic and is activated in conjunction with the door opening and closing procedures [9].

The auxiliary step must extend before the vehicle door is opened and passengers are allowed to get on/off and conversely, the step can only be retracted if the door is already closed, and it is not possible to enter/exit the vehicle.

In the design of the entrance stairs are very important parameters I2 and I3 (Fig. 4). Parameter I2 is the maximum height between the upper surface of the external step and the step inside the vehicle (or the floor) if there are no more steps in the vehicle boarding area. Parameter I3 represents the minimum depth of the step.

It follows from the entry conditions that have been provided to us that a suitable solution is to use a combination of retractable and folding mechanism that will be able to quickly and safely unfold/fold to the required height above top of rail.

The designed module (Fig. 5), which is installed as a separate device in the vehicle, has dimensions of 1450 x 915 x 130 mm. During the design, we used a 4 mm thick bent sheet metal, in which holes are cut to lighten the construction. At the top of the module is the original self-supporting aluminium plate with a 75 mm wide warning strip (2) and part of the vehicle floor (3).

In order to be able to install the module under the interior floor, it is placed in the rough construction of the vehicle at an angle of 5 degrees in the direction of the floor slope. The maximum permissible height of the module is limited by the height of the milled hole in the rough construction of the vehicle (130 mm). The width is also limited to 1450 mm.

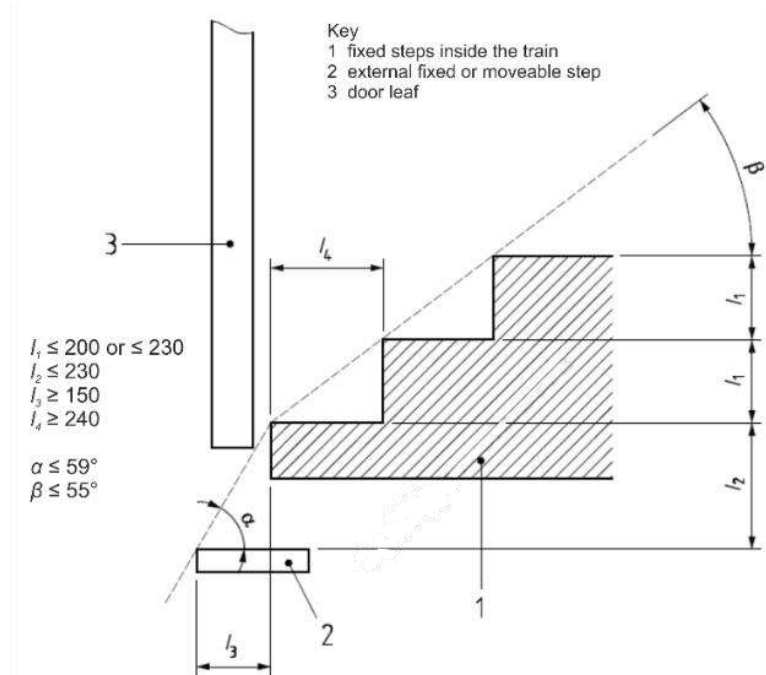


Fig. 4 – Dimensional requirements for interior and exterior stairs (STN EN 14752)

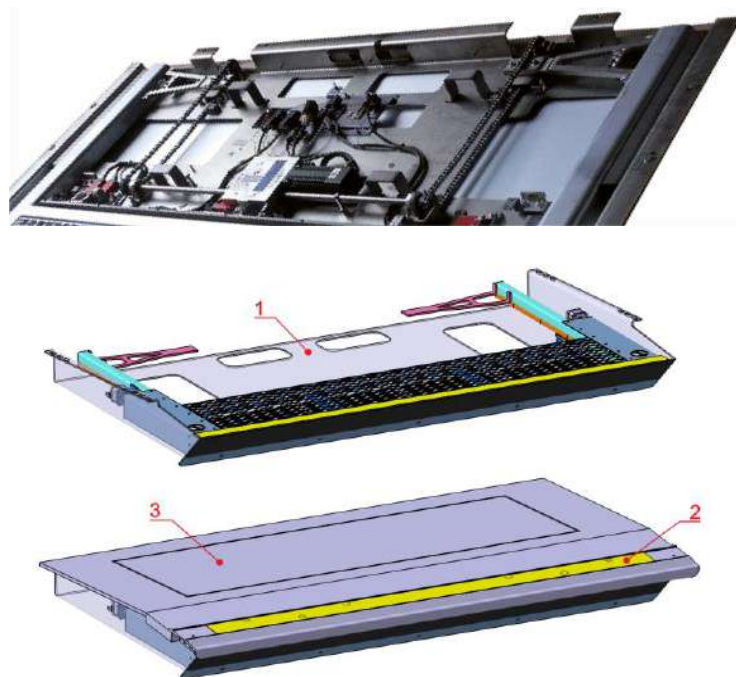
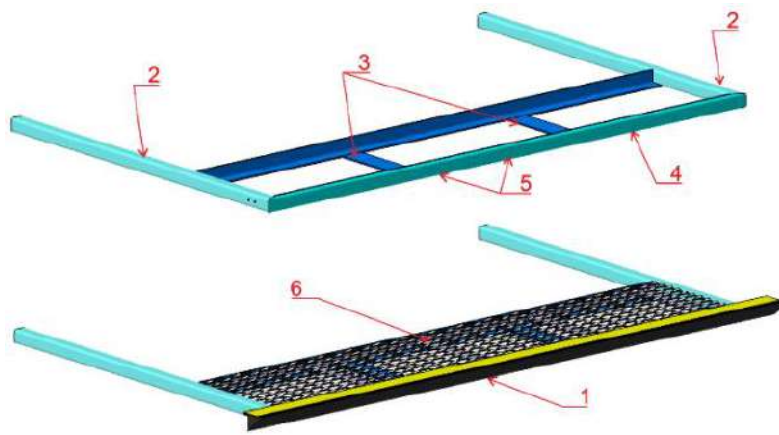


Fig. 5 – The module for a height-adjustable boarding system of the vehicle

To create sufficient space for the construction of the mechanism, the floor material must be as thin as possible, but strong enough at the same time. We suggest using aluminium sandwich panels. The module is fixed in the vehicle by means of brackets, which are fixed to the rough construction of the vehicle by means of a screw connection with C-grooves.

The construction of the upper and lower step frame (Fig. 6) consists of a welded construction of closed square welded profiles measuring 30 x 30 mm with a wall thickness of 3 mm (2), bent L-profiles made of sheet metal 3 mm (3), rectangular welded profile measuring 30 x 15 mm with a wall thickness of 2 mm (4), sheets forming a reinforcement 3 mm thick (5) and a plastic plate (1) with a warning yellow strip 45 mm wide.

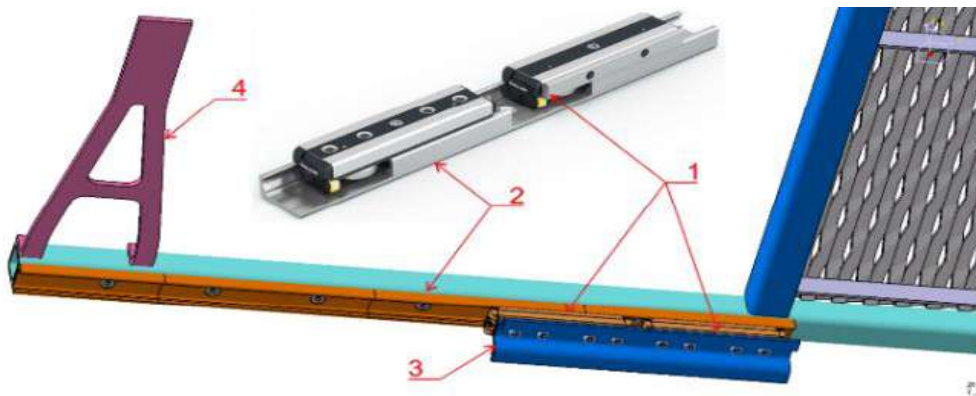


*Fig. 6 – Linear guide ensuring the extension of the upper step*

The proposed basic construction of the step also allows the use of different materials of the boarding surface. These are, for example, various variations of metal or plastic floor gratings, or special aluminium and composite sandwich panels with anti-slip surface treatment can be used as filling [10, 11].

However, the safety of passengers wearing thin heeled shoes must be considered. When using a grate with large mesh dimensions, the heel in the grate eye may get stuck and possible passenger injury. We suggest the use of a hot dip galvanized expanded metal (6) grating as the most suitable option, which guarantees low maintenance costs, low weight and at the same time sufficient safety.

Step extension is ensured by a linear guide (Fig. 7) and consists of a rail of special shape (1) and a runner with rolling elements (2). The rails are fixed on the underside of the square profile on both sides of the frame of the upper step. The runners are fastened with screws to a bracket (3) made of 3 mm thick sheet metal. The actuator, which ensures the extension of the upper step, is realized by DC motor with a toothed belt or a chain.

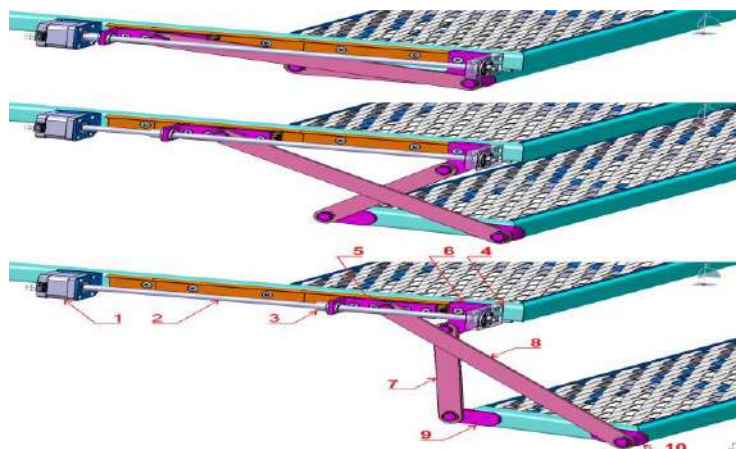


*Fig. 7 – Linear guide ensuring the extension of the upper step*

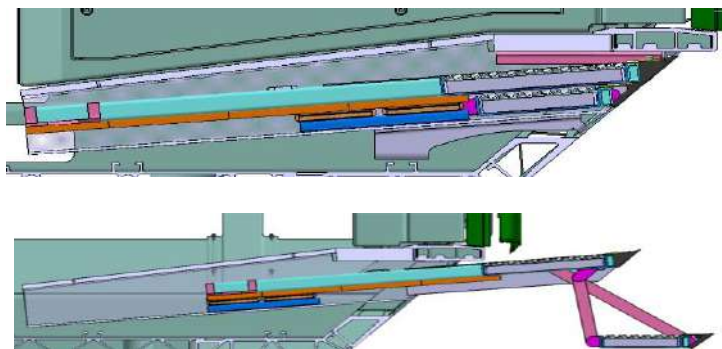
In terms of functionality, simplicity and weight savings of the mechanism, the construction of the lower step is designed as part of the upper step. To help passengers board from the platforms at a height of 550 mm above top of rail, the upper and the lower step slides out together as one unit. In the case of boarding passengers from platforms 150 mm above top of rail, after stopping the train at the station, the upper step is first extended so that parameter  $l_3$  (150 mm) is observed. Subsequently, the lower step will start to tilt down from the upper step. The mechanism for tilting the step consists of a pair of arms (7) and (8), which are rotatably mounted in brackets with pins (5), (6), (9) and (10) (Fig. 8).

The bracket (5) is installed on the linear guide runner. Also attached to the bracket (5) is a nut (2) in which the screw (3) of the linear actuator (1) is screwed. The principle of the lower step tilting function is that after the linear actuator has been actuated, the linear movement of the nut mounted in the bracket

is transmitted to the linear guide runner due to the rotation of the screw. By moving the arm (8), the force is transmitted to the lower step, and under the influence of the arm guide (7), the lower step is tilted towards the station platform. By suitable adjustment of the lengths of the arms, we set that the lower step is not turned by 5 degrees as the upper step but is in a horizontal position for better comfort when boarding the passenger (Fig. 9).

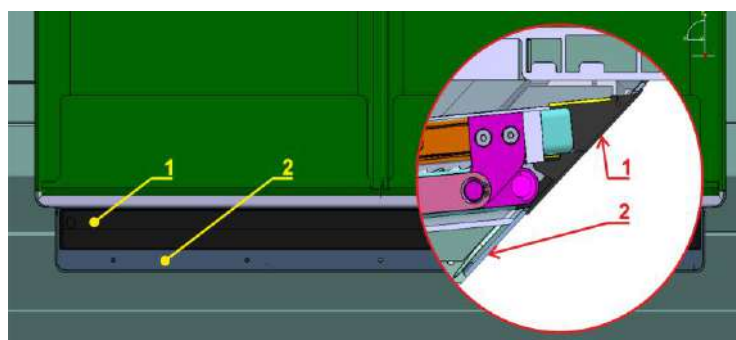


*Fig. 8 – Lower step tilting mechanism*



*Fig. 9 – Tilted lower step – cross section of the vehicle*

The contact surface with the exterior consists of a pair of plastic plates (1) together with a sheet metal cover (2), which forms the filling of the remaining part of the milled hole in the rough construction of the vehicle (Fig. 10). On the front surface of the plates, an overlap seal is designed, which should slide against the sheet metal cover when the step is inserted into the vehicle and thus seal the gaps between the step plates and the sheet metal cover. Otherwise, rainwater or snow could enter the vehicle and the designed structure, which could lead to a fail of the mechanism or other equipment's. Placing the whole construction (module) inside the vehicle is also advantageous because heat from the interior passes into this space. If the plastic parts still freeze, there is a possibility to install the heating on the exposed parts.



*Fig. 10 – Designed sealing of the hole in the rough construction of the vehicle*

### Strength analysis of selected structural elements by means of computer simulations

For the purposes of functional and strength analysis, it is important to correctly determine the loads that affect the design of the boarding device [12, 13].

Standard [8] defines a load of  $4 \text{ kN/m}^2$  in the vertical direction (in the z-axis). It follows that the load value for the lower step is 780 N and for the upper step 1638 N. The selected load value was also determined on the assumption that no more than two passengers could board or leave at the same time through the door of a vehicle with a clear usable width of 1300 mm. The weight of one passenger according [8] is 80 kg. After adding up the weight of the passengers and adding the weight within the coefficient of safety, we chose a load capacity for both steps of 300 kg.

The strength analysis of the designed construction was performed in the ANSYS 22.2 program. The 3D model was modified (simplified) in SpaceClaim.

For the strength analysis, parts of the tilting mechanism together with the construction of the lower step frame were selected as key supporting elements. The original tread surface from expanded metal was replaced by a simple plane. Due to the symmetry of the construction, we used only a half model for the simulation. For the elements of the tilting mechanism was chosen a mesh size of 1 to 2 mm and in other parts size 6 mm.

The shorter arm bracket is attached to the upper step frame and the longer arm bracket is attached to the linear guide runner. When the step is in the end position, the linear guide runner cannot move because it is held in this position by the linear actuator nut. Therefore, these two elements are considered to be fixed.

We analyzed the proposed design for 3 load conditions:

- First load condition according to standard [8] on the area defined by parameter  $l_3$  and useful step width of 1300 mm (force value of 780 N in the direction of the z axis). The maximum calculated value of stress is 110.43 MPa. The most stressed parts of the structure are the bracket with the pin and the upper part of the arm in the area of the hole for locking in the end position (Fig. 11). As we expected, the largest displacement value is located in the middle part of the lower step frame.

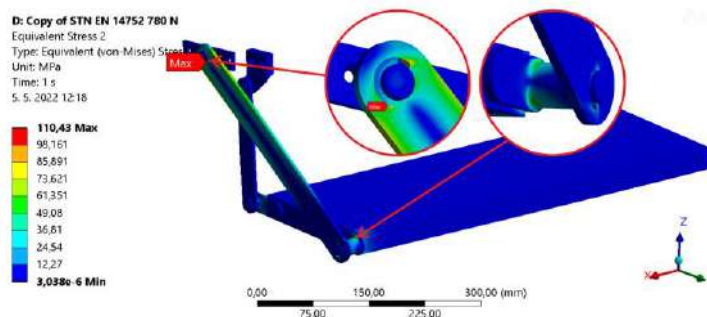


Fig. 11 – Behaviour of von Mises stress for load condition no. 1

- The second load condition is also according to [8] for an area of 200 x 100 mm at any place on the step surface (force value of 2000 N in the direction of the z axis). The maximum calculated value of stress is 344.47 MPa (Fig. 12).

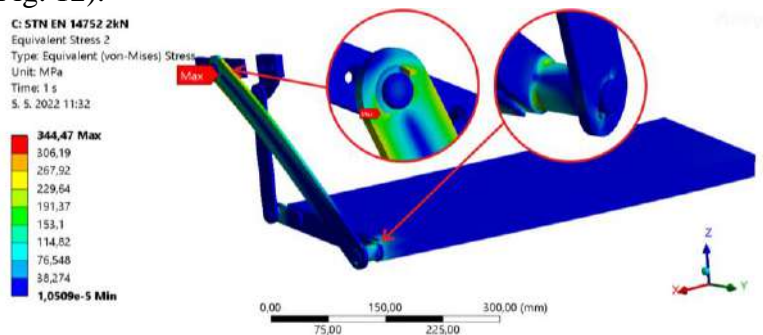


Fig. 12 – Behaviour of von Mises stress for load condition no. 2



- The third load condition is based on the increased safety factor (force value of 3041.1 N in the direction of the z axis). The maximum calculated value of stress is 349,53 MPa (Fig. 13).

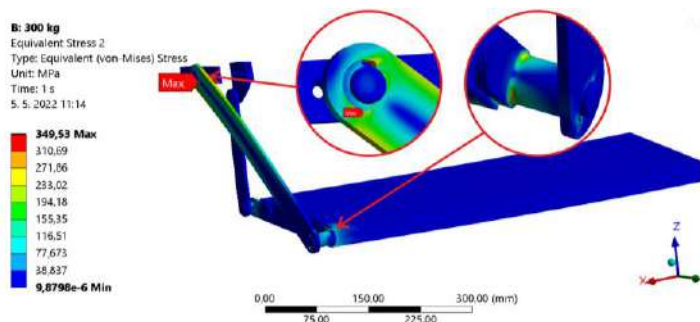


Fig. 13 – Behaviour of von Mises stress for load condition no. 3

Based on individual structural simulation analyzes, it can be stated that the construction meets the strength conditions according to current standards. Because stress values in 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> load condition are just below the yield strength of the material used ( $R_e = 355$  MPa), from a safety point of view, it is recommended to subject some components of the structure to further optimization. We also plan to apply topological optimization on the structure, as well as the dynamic load from the forces resulting from the acceleration due to the action of the passenger's feet when walking up the stairs.

#### Vehicle boarding area study for platforms with a height of 760 mm above top of rail

The current boarding area of the vehicle is designed for platforms with a height of 550 mm above top of rail. The purpose of our study was to verify whether this area meets the legislative requirements in case the vehicle would be operated on lines with a platform height of 760 mm above top of rail. In case of unsatisfactory condition, design a conceptual adjustment of the useful effective height of the entry opening in the rough construction of the vehicle.

The height of the boarding plate of the current boarding area is 570 mm above top of rail. In a situation, where the vehicle stops at a platform with a height of 760 mm above top of rail, the difference between the height of the platform and the boarding plate of the vehicle is 190 mm. This height difference is defined as parameter  $\delta_v$  in the TSI PRM regulation. The maximum permissible value of the parameter  $\delta_v$  is 160 mm, which means that the vehicle does not meet the conditions according to the above-mentioned regulation and structural modifications to the vehicle's boarding area are required.

When modifying the vehicle, it is necessary to proceed in such a way that the permitted gradient of the ramps in the boarding area is not changed. The current floor in the boarding area is sloped at an angle of  $8.1^\circ$  from the boarding edge to the center and is leveled in the middle of the vehicle. With reference to the input conditions, we propose to move the boarding plate 30 mm higher, ie to a height of 600 mm above top of rail. With this change, we set the parameter  $\delta_v$  to the minimum required value. The angle of slope of the ramp ( $8.5^\circ$ ) has also changed and the horizontal part of the boarding area is now 126 mm compared to the original 455 mm (Fig. 14).

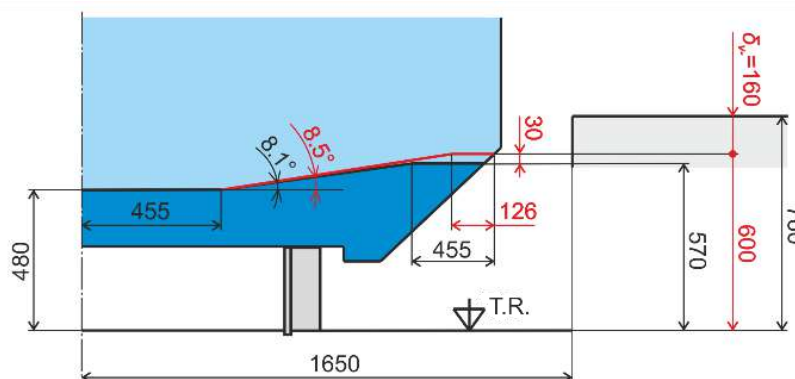


Fig. 14 – Proposed change in the height and the slope of the floor of the boarding area on the vehicle

It was also important to check the vertical clearance of the door. The standard only defines boarding of a vehicle with a higher boarding edge with fixed interior steps from a lower platform (Fig. 15a). However, our case is the opposite. Boarding from a higher platform to a vehicle with a lower boarding area that has no interior steps. For this reason, we considered the following:

- The lower line is directed from the edge of the platform to a point located at the end edge of the horizontal part where the floor begins to bend downwards towards the center of the vehicle.
- The upper line is parallel to the lower line and is positioned to pass through the upper edge of the boarding area of the vehicle (Fig. 15b).

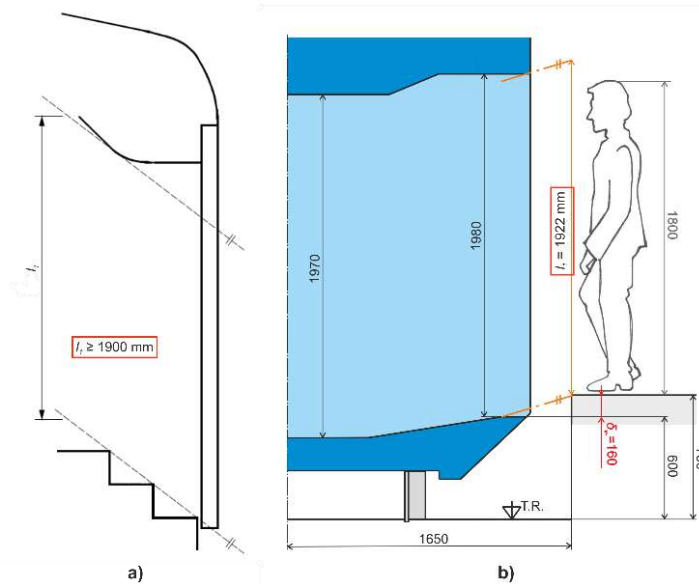


Fig. 15 – Checking the vertical clearance of the vehicle's boarding area:  
 a) according to STN EN 14752, b) own approach

In this case, the useful vertical clearance  $l_1$  has a value of 1922 mm, which satisfies the condition of at least 1900 mm, and we assume that a passenger with a height up to the value of parameter  $l_1$  should not be restricted when boarding the vehicle.

However, the edge of the boarding area is just above the level of the passenger's head standing on the platform. Therefore, we thought that the passenger would be affected by his subjective feeling, which would cause him to bow his head when getting into the vehicle. We verified this idea on a simple model, which is the idea of the vehicle's boarding area and station platform. After several attempts, the simulation confirmed that the passenger tends to bow his head when boarding (Fig. 16).



Fig. 16 – Vehicle boarding simulation with vertical clearance  $l_1 = 1922$  mm

We gradually raised the height of the upper edge of the boarding area at a value of 2042 mm (Fig. 17) and we can state, that boarding the vehicle even for a passenger with a height of 1900 mm will not evoke the mentioned feeling.



Fig. 17 – Vehicle boarding simulation with vertical clearance  $h_1 = 2042$  mm

### Conclusions

The main goal of the paper is the presentation of the new design of the boarding device of a railway vehicle for different height levels of platforms. This construction combines a system of retractable and tilting steps, thanks to which passengers are boarded from platforms with a height ranging from 150 to 550 mm above top of rail in accordance with the required European legislation. The proposal itself was preceded by a detailed analysis of the issue of boarding passengers in the situation of a vehicle standing on a platform with different height levels. Structural parts and function of the mechanism are described in detail and supplemented by graphic outputs.

Selected parts of the device (mechanism) ensuring the tilting of the lower step were verified by a series of simulation calculations. The designed device meets the current requirements of European legislation and after the optimization of selected structural elements, the prototype can be built and tested.

This article also includes a study, that deals with the optimization of the boarding area considering designed changes in the construction of the floor and a draft for modification of the vertical clearance of the boarding entrance area in the rough construction of the vehicle.

### References

1. Sertler P. How parameters of infrastructure affect design of rolling stock for passenger transport / P. Sertler // 21<sup>st</sup> International Conference on Current Problems in Rail Vehicles. – 2013. – P. 77-84.
2. Evaluation of ride comfort in a railway passenger car depending on a change of suspension parameters / J. Dižo, M. Blatnický, J. Gerlici, B. Leitner, R. Melnik, S. Semenov, E. Mikhailov, M. Kostrzewski // Sensors. – 2021. – Vol. 21, Iss. 23. – Article number 8138. DOI: 10.3390/s21238138.
3. Chudzikiewicz A. Asymmetric threats in terms of safety of railway systems / A. Chudzikiewicz, A. Krzyszkowski, A. Stelmach // Transport Problems. – 2021. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 131-140. DOI: 10.21307/TP-2021-047.
4. Commission regulation (EU) No 1300/2014 on the technical specifications for interoperability relating to accessibility of the Union's rail system for persons with disabilities and persons with reduced mobility.
5. Kundra M. Double-deck push-pull trainsets Skoda / M. Kundra, J. Tizek // 24<sup>th</sup> International Conference on Current Problems in Rail Vehicles. – 2019. – P. 389-398.
6. Design of a mechanical part of an automated platform for oblique manipulation / M. Blatnický, J. Dižo, M. Sága, J. Gerlici, E. Kuba // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10, Iss. 23. – P. 1-24. DOI: 10.3390/app10238467.

7. Design of a technical solution for a metro door system / P. Kurčík, M. Blatnický, J. Dižo, A. Pavlík, J. Harušinec // *Transportation Research Procedia*. – 2019. – Vol. 40. – P. 767-773. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.108.
8. STN EN 14752+A1:2022 Railway applications – Bodyside entrance systems for rolling stock. (European Standard).
9. Parallel mechanism and its application in design of machine tool with numerical control / V. Poppeová, V. Bulej, R. Zahoranský, J. Uríček // *Applied Mechanics and Materials*. – 2013. – Vol. 282. – P. 74-79. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.282.74.
10. Determination of Vertical Accelerations in a Symmetrically Loaded Flat Car with Longitudinal Elastic-Frictional Beams / O. Fomin, J. Gerlici, G. Vatulia, A. Lovska, K. Kravchenko // *Symmetry*. – 2022. – Vol. 14, iss. 3. – 583. DOI: 10.3390/sym14030583.
11. Research into the strength of an open wagon with double sidewalls filled with aluminium foam / O. Fomin, M. Gorbunov, J. Gerlici, G. Vatulia, A. Lovska, K. Kravchenko // *Materials*. – 2021. – Vol. 14, iss. 12. – Article number 3420. DOI: 10.3390/ma14123420.
12. Virtual software testing and certification of railway vehicle from the point of view of their dynamics / S. Koziak, A. Chudzikiewicz, M. Opala, R. Melnik // *Transportation Research Procedia*. – 2019. – Vol. 40. – P. 729-736. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.103.
13. Kukulski J. Finite Element Method in Assessing Strength Properties of a Railway Surface and Its Elements / J. Kukulski, M. Jacyna, P. Golebiowski // *Symmetry*. – 2019. – Vol. 11, iss. 8. – Article number 1014. DOI: 10.3390/sym11081014.

This work was supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic in the project No. KEGA 023ŽU-4/2020: Development of advanced virtual models for studying and investigation of transport means operation characteristics.

This research was supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic in the project No. KEGA 036ŽU-4/2021: Implementation of modern methods of computer and experimental analysis of the properties of vehicle components in the education of future vehicle designers.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

##### **Šťastniak Pavol,**

PhD, Vice-head of department for science and research "Transport and handling machines",  
University of Zilina.  
Univerzitna 8215/1, Zilina, 010 26,  
Slovak republic.  
Тел.: +421 (41) 513 2562.  
E-mail: pavol.stastniak@fstroj.uniza.sk.  
ORCID ID: 0000-0003-1128-7644.

##### **Rakár Michal,**

Ing., EMU product engineer  
ŠKODA VAGONKA Inc.  
1.mája 3176/102, 703 00 Ostrava,  
Czech Republic.  
Тел.: +420 378 186 256.  
E-mail: michal.rakar@skoda.cz.

##### **Gerlici Juraj,**

Professor, Dr. Ing., Head of Department  
"Transport and handling machines",  
University of Zilina.  
Univerzitna 8215/1, Zilina, 010 26,  
Slovak republic.  
Тел.: +421 (41) 513 2550.  
E-mail: juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk.  
ORCID ID: 0000-0003-3928-0567.

##### **Kravchenko Kateryna,**

Docent, PhD, Researcher of Department  
"Transport and handling machines",  
University of Zilina.  
Univerzitna 8215/1, Zilina, 010 26,  
Slovak republic.  
Тел.: +421 (41) 513 2660.  
E-mail: kkatherina@ukr.net.  
ORCID ID: 0000-0002-3775-6288.

УДК 625.032.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-27-38

*Д-р техн. наук Мямлін С.В.*

*Інженери Макаров Ю.О., Залеський Р.Ю.*

## **ЗМЕНШЕННЯ ЗНОСУ ПАРИ «КОЛЕСО-РЕЙКА» ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛУБРИКАЦІЇ**

**REDUCTION OF SIDE WEAR OF RAILS AND WHEEL PARTS OF THE WHEEL PAIRS DUE TO DIFFERENT TYPES OF LUBRICATION**

*Ключові слова:* знос пари «колесо-рейка», пересувні та стаціонарні рейкозмащувачі, технологія лубрикації.

### **Вступ**

Залізничний транспорт відіграє важливу роль у розвитку національної економіки України, забезпечуючи перевезення вантажів і пасажирів. Ефективність роботи всієї інфраструктури залізничного транспорту залежить, як відомо, від багатьох чинників, в тому числі від організаційних, нормативних, фінансових та науково-технічних. Всі ці чинники в тій чи іншій мірі впливають на експлуатаційні витрати і на кінцевий економічний результат діяльності галузі. Тому напрямок науково-технічних досліджень, пов'язаний із зменшенням чи оптимізацією експлуатаційних витрат на залізничному транспорті, є вельми актуальним. До основних експлуатаційних витрат на залізницях можна віднести й витрати на технічне утримання та ремонт елементів залізничної інфраструктури. Рейки, як основний елемент колійної інфраструктури, піддаються впливу від дії коліс рухомого складу, що призводить до виникнення дефектів та зносу контактної поверхні. Боковий знос головки рейки відноситься до основного виду зносу рейок через особливості динамічної взаємодії пари «колесо-рейка». Ця пара контактуючих тіл, безумовно, взаємодіє за існуючими законами трибології [1] і має відповідні ознаки цієї взаємодії у вигляді зносу коліс та рейок, що й спричиняє не тільки збільшення експлуатаційних витрат, а й створює передумови зменшення рівня показників безпеки руху. Це ще раз підтверджує актуальність виконання досліджень з метою удосконалення технології лубрикації та створення технічних засобів із зменшення зносу елементів пари «колесо-рейка».

Дослідженнями технологій зменшення зносу коліс та рейок займаються фахівці майже з того дня, коли було створено залізничний транспорт, і основні методи впливу на пару тертя «колесо-рейка» визначено фахівцями з різних галузей знань. Але технічна реалізація розроблених методів зменшення зносу коліс та рейок на залізницях ще потребує удосконалення. Як відомо, до основних методів зменшення зносу коліс та рейок відноситься лубрикація, тобто технологія нанесення змащувальних матеріалів на поверхні тертя для зменшення, а точніше оптимізації, величини коефіцієнта тертя між боковою гранню головки рейки та гребнем колеса залізничного рухомого складу.

До особливостей трибологічних характеристик контактуючих тіл, якими є колеса та рейки на залізничному транспорті, відноситься їх постійна змінність, тобто колеса різних типів рухомого складу взаємодіють зі стаціонарно розташованими рейками та стрілочними переводами, на відміну від пар тертя в машинобудуванні, де пари тертя є незмінними, і змінюватися може лише змащувальна рідина чи змащувальний матеріал. Така багатофакторність ще більше робить процес взаємодії колеса та рейки чутливим до зовнішніх факторів. В будь-якому випадку основним фактором впливу на процес взаємодії пари «колесо-рейка» є наявність контактуючого матеріалу та його фізико-хімічні властивості, що й формують загальні трибологічні умови. Далі більш

ретельно розглянемо окремі випадки взаємодії коліс рухомого складу залізниць та рейок з урахуванням технології нанесення змащувальних матеріалів у зоні контакту відповідними технічними засобами.

Дослідженнями зносу коліс та рейок займалися та продовжують займатися інженери та вчені з різних наукових шкіл [2-4], але актуальність наукових досліджень за напрямком зменшення зносу пари «колесо-рейка» не тільки не зменшується, а й набуває більшого значення.

Проблема зменшення зносу у системі «колесо-рейка» на залізничному транспорті існувала з самого початку створення залізниць, але загострення цієї проблеми на просторі стандарту колії 1520 (1524) мм виникло в середині 80-х та початку 90-х років [3] через певні зміни в конструкції рухомого складу та верхньої будови колії, а також через збільшення інтенсивності перевезень на залізницях з шириною колії 1520 мм. З часом актуальність цієї проблеми не зменшується, а тільки підвищується. Так, наприклад, у колійному господарстві на залізницях України з боковим зносом головки рейки за дефектами 44.1-2 (згідно Класифікації та каталогу дефектів і пошкоджень рейок на залізницях України, ЦП-0285) у 2020 році було вилучено 2 357 рейок, що складає 0,12 рейки на 1,0 км експлуатаційної довжини залізниць. Протягом останніх 10 років максимальна кількість рейок, що вилучалася протягом календарного року, сягала 3 400 шт. Також на цих ділянках зростає кількість дефектів контактено-втомленого походження на поверхні кочення рейок за дефектами по кодах 10, 11, 17, 18 [6].

В основу проведеного аналізу покладено результати експлуатаційних випробувань різних конструкцій рейко- та гребнезмащувачів, які експлуатуються на регіональних філіях АТ «Укрзалізниця». Розглянемо деякі принципи подачі мастила у зону контакту в парі «колесо-рейка»:

- змащення рейок та гребнів коліс за допомогою рейкозмащувачів, встановлених на спеціальних пересувних транспортних засобах;
- змащення гребнів коліс рухомого складу та бокових граней рейок стаціонарними рейкозмащувачами.

#### **Системи пересувних рейкозмащувачів**

Пересувні рейкозмащувачі поділяються на самохідні та причіпні змащувальні одиниці. Навісне обладнання встановлюють на локомотиви, дрезини, мотовози, мотриси, спеціальні вагони-рейкозмащувачі. Змащування рейок та гребенів колісних пар в кривих ділянках колії в основному направлено на зменшення сил тертя в зоні контакту рейки та колеса, зносу контактуючих поверхонь, витрати енергії на тягу та зменшення шуму (скреготу колісних пар) [4]. На пересувних рейкозмащувачах мастильна речовина подається на бокову грань рейок або на гребінь колеса і далі через поверхню, що змащується, переноситься на контактуючі поверхні.

Мастильну речовину, яку використовують на пересувних рейкозмащувачах, поділяють на три типи – рідка, консистентна та тверда. Схеми нанесення речовини на поверхні тертя відрізняються між собою [5], але принцип залишається незмінним, а саме: зменшення, точніше оптимізація коефіцієнта тертя між контактуючими тілами. До речі, коректніше називати речовини, що змінюють умови контакту в парі «колесо-рейка» модифікаторами тертя, тому що поряд із зменшенням коефіцієнта тертя модифікатори можуть служити й для підвищення коефіцієнта тертя. Так, наприклад, відомі технічні рішення з використання стрижневих лубрикаторів двох видів одночасно для модифікації тертя в парі «колесо-рейка», а саме: між гребнем колеса локомотива і боковою гранню рейки застосовується стрижень із властивостями зменшення коефіцієнта тертя, а стрижень, що взаємодіє з поверхнею кочення колеса має властивості із збільшення коефіцієнта тертя для підвищення сил зчеплення між колесом та рейкою, що важливо при експлуатації на перевальних ділянках колії для покращення тягових характеристик локомотивів [4].

Мастила, що не містять згущувачів або містять їх у незначній кількості, – рідкі мастила. Консистентне мастило – мастильний матеріал, який отримується шляхом додавання спеціальних загусників до рідких масел. Тверді мастила (стрижневі) – це спресовані порошкоподібні суміші, які мають у своєму складі графіт, різноманітні синтетичні смоли, дисульфід молібдену, нітрит бору, фторопласти та інші наповнювачі з нанесенням на поверхню пар тертя у вигляді тонкої плівки, як правило, величина складових компонентів має дуже дрібну фракцію, тому прийнято вважати їх наноматеріалами.

Рейкозмащувачі з використанням рідкого мастила забезпечують подачу матеріалу безконтактним способом або за допомогою шини, яка притискається до бокової поверхні рейки. При безконтактному способі нанесення використовують примусову подачу мастила під дією залишкового тиску за допомогою форсунок та пристрою ежекційного типу.

При використанні стрижневих твердих мастил нанесення змащуючого шару відбувається шляхом безпосереднього контакту стрижня з поверхнею гребня колеса. До переваг стрижневих лубрикаторів відноситься те, що змащування відбувається безпосередньо в зоні контакту, тобто на гребні колеса. Основним недоліком лубрикатора з твердомастильними елементами є те, що він достатньо крихкий, і при значному динамічному навантаженні призводить до швидкого стирання стрижня та можливих зламів змащувальних елементів. Також через не високі адгезійні властивості такий тип лубрикаторів має не зовсім добрі характеристики з перенесення лубриканта на рейку та на інші колісні пари.

Недоліками рейкозмащувачів з рідкими мастильними елементами є:

- відносно низька в'язкість;
- можливість потрапляння мастила на поверхню кочення;
- забруднення баластного шару;
- погіршення якості нанесення мастильної речовини в умовах низьких температур.

Для досягнення найбільшого ефекту щодо зменшення експлуатаційних витрат на утримання колійного та локомотивного і вагонного господарства необхідно, щоб рейко- та гребнезмащувачі відповідали наступним вимогам:

1. Автоматизовані цикли подачі мастильної речовини; бічність подачі речовини в залежності від боку кривої (правий-лівий); дозована подача речовини; регулювання подачі мастильної речовини.
2. Безконтактна подача змащувальної речовини.
4. Запобігання потрапляння змащувальної речовини на поверхню кочення рейки.
5. Відсутність взаємодії з піском мастильної речовини для запобігання створення абразиву та асинхронність подачі мастильної речовини та піску на ділянках колії з ухилом (підйомом-спуск).
6. Універсальна за консистенцією та хімічним складом речовина для роботи гребнезмащувача протягом всього року.
7. Автоматичне включення подачі мастильної речовини при проходженні криволінійної ділянки зі сторони зовнішньої нитки кривої.

У таблиці 1 наведені характеристики і дані обстежень у криволінійних ділянках колії.

Табл. 1 – Показники інтенсивності бокового зносу рейок у різні роки експлуатації

Шифр рейок	Укладання		Пропущений тоннаж на момент виміру, млн т бр. вант.	№ плавки, викатка	Радіус кривої	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн т бр.
	Місце	Дата укладання				
КФ 2016	Славсько – Лавочне 1624 пк7-9, непарна, підйом 10,0 ‰	28.10.16	9,6	А-VI-16 КФ 191	287	0,691
			20			0,576
			28,5			0,525
			43,3			0,458
КФ 2017	Славсько – Лавочне 1624 пк7-9, непарна, підйом 10,0 ‰	07.03.18	1,7	А-XII-17 КФ272 КФ262 КФ274 КФ248	287	0,675
			9,5			0,395
			17,6			0,358
			41,6			0,211
			51,1			0,196
КФ 2019	Славсько – Лавочне 1624 пк7-9, непарна, підйом10,0 ‰	04.10.19	11,6	А-VII-19 КФ 69	287	0,425
			25,5			0,316
			36			0,386

Для аналізу зносостійкості рейок були вибрані криві ділянки, на яких за чергою в однакових умовах (радіус кривої, величина ухилу, тип скріплення, підвищення, довжини перехідних та

кругових кривих, з однаковими швидкісними режимами руху вантажних і пасажирських поїздів) вкладались рейки типу Р65, різних років виготовлення, що виготовлені з киснево-конверторної сталі К76Ф ПАТ «МК «АЗОВСТАЛЬ» з однаковими механічними властивостями, хімічним складом, мікро- та макроструктурою, що відповідають вимогам стандарту ДСТУ 4344:2004 [11].

На рисунку 1 зображені графічні залежності інтенсивності бокового зносу рейок від тоннажу пропущених по ним поїздів за результатами експлуатаційних спостережень з рейками КФ 2016 (без застосування лубрикації), КФ 2017 і КФ 2019 (із застосуванням лубрикації). На графіку чітко спостерігається більш інтенсивний боковий знос рейок на початковому періоді експлуатації при пропущеному тоннажу поїздів до 10 млн. т бр. Це відбувається через декілька причин:

- по-перше, знімається безвуглецевий шар з рейок;
- по-друге, колесо і рейка «приробляються» одне до одного, тобто знаходиться раціональний варіант умов для кінематичного вписування рейкового екіпажу в криволінійну ділянку колії.

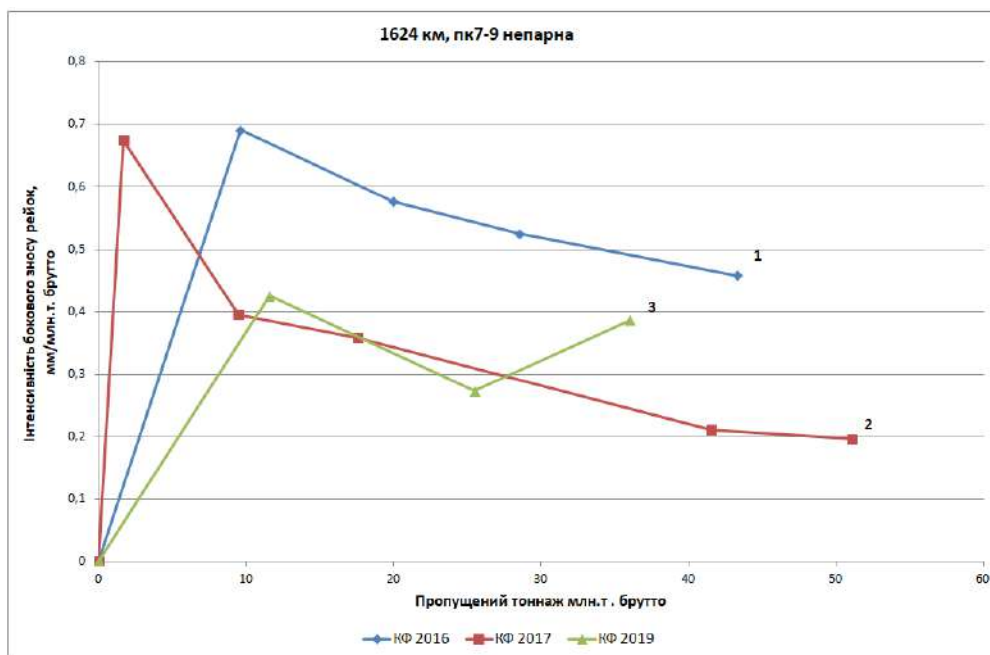


Рис. 1 – Зміни інтенсивності бокового зносу рейок від тоннажу пропущених по ним поїздів при застосуванні пересувних рейкозмащувачів

Змащування пересувними рейкозмащувачами на базі локомотива ВЛ11М впроваджено з червня 2018 року. Інтенсивність бокового зносу нижче на рейках, що змащуються пересувними рейкозмащувачами. При порівнянні показників зносостійкості рейок до 2018 р. та після 2018 р., видно, що зменшення інтенсивності бокового зносу досягає значення 2,17–2,33 рази.

#### Системи стаціонарних рейкозмащувачів

Стаціонарні рейкозмащувачі поділяють на механічні (плунжерного типу) та рейкозмащувачі з програмним забезпеченням.

Стаціонарні рейкозмащувачі плунжерного типу вітчизняного виробництва, які виготовляються на КРМЗ Черкаси, ПДМ Самбір, КРМЗ Синельникове, Житомирський КРМЗ, ДЕЦ ст. Основа. Стаціонарні плунжерні рейкозмащувачі поділяються на пружні, в яких мастило за допомогою стислої пружини і поршня під тиском подається з резервуара через патрубок і трубу по каналу під плунжер у дозуючу пластину, та пневматичні, де мастило під дією стислого повітря подається із резервуара через патрубок і трубу по каналу під плунжер у подавальний пристрій. Як приклад, розглянемо роботу стаціонарного рейкозмащувача плунжерного типу вітчизняного виробництва проекту 1901.000.СБ (КРМЗ ст. Черкаси) [7].

Рейкозмащувач проекту 1901.000.СБ складається з резервуара для мастила, встановленого на узбіччі земляного полотна, пристрою, який подає мастило, встановленого із зовнішнього боку



зовнішньої рейки кривої, і пристрою живлячого, встановленого з внутрішньої сторони зовнішньої рейки кривої (рис. 2).



*Рис. 2 – Стационарний рейкозмащувач проекту 1901.000.СБ*

За допомогою стисненої пружини і поршня мастило під тиском потрапляє із резервуара через патрубок і трубу, по каналу під плунжер, та подається у пристрій. При натисканні колеса на плунжер мастило через кульковий клапан надходить в живильний брус, і далі по каналах і двох мідних трубках подається під пластину живильника. З кожної сторони використовується одна живильна пластина. Через пази живильної пластини мастило надходить на бокову грань головки рейки. При подальшому проході колеса гребенем мастило знімається і переноситься по боковій грані рейки упорної нитки кривої, і одночасно подається нова порція змащення на бокову грань головки рейки. Для заправлення рейкозмащувачів проекту 1901.000.СБ використовують консистентні мастила. Рекомендується використання мастил на основі графіту. Довжина ділянки змащування становить до 800 м. Витрата мастильного матеріалу 12 л (24 л) достатньо для проходу 12 000 (25 000) коліс або 50 (100) поїздів з продуктивністю насоса 1 см<sup>3</sup>.

Колійні рейкозмащувачі плунжерного типу, маючи в основі однаковий принцип подачі мастила, відрізняються між собою конструкціями змащувальної планки, її закріпленням відносно рейки, кількістю живильних пластин (одна, дві на одній рейковій нитці).

Дуже важливо при роботі стаціонарних рейкозмащувачів плунжерного типу використовувати якісне мастило заданої консистенції. При використанні рідкого мастила спостерігаються значні витрати мастильного матеріалу, потрапляння мастила на поверхню кочення рейок та колісної пари, що на підйомах змушує застосовувати пісок аби не було буксування коліс. Мастило змішане з піском створює абразив, що дає зворотній ефект і викликає інтенсивний боковий знос рейок. Також при буксуванні коліс відбувається пошкодження рейок та колісних пар. До недоліків відноситься відсутність підігріву в зимовий період [8]. Взимку, через неможливість підігріву мастила, рейкозмащувачі демонтують або консервують до появи позитивних температур. Вони працюють ефективно на коротких відстанях на стрілочних вулицях з кількістю 5–7 стрілочних переводів.

Принципи роботи рейкозмащувачів європейських виробників плунжерної конструкції, а саме колійних рейкозмащувачів «Rail Lubricurve 50» виробництва компанії «Whitmore Manufacturing Co» (рис. 2), відрізняється від аналогів вітчизняного виробника конструкцією та способом закріплення живильної пластини, а також об'ємом резервуара та принципами контролю витрат

мастильного матеріалу. Рейкозмашувачі «Rail Lubricurve 50» були встановлені в дослідну експлуатацію 30 січня 2019 року по Фастівській дистанції колії регіональної філії «Південно-Західна залізниця». У рейкозмашувачах використовується мастило Whitmore (Biorail Wheel/Rail Lubricant), ємність резервуара складає 36 кг [9].



*Рис. 3 – Рейкозмашувач «Rail Lubricurve 50» виробництва компанії «Whitmore Manufacturing Co»*

Розглянемо принципи роботи рейкозмашувачів з програмним забезпеченням фірми «Lincoln» («SKF Lubrication Systems Germany GmbH»). Принцип дії цієї рейкозмашувальної установки полягає в наступному. Під час руху рухомого складу сенсор відраховує прохід кожної вісі вагона або локомотива (в діапазоні від 1 до 100). Після проходження кожної 15-ї осі (параметр налаштовується) подається сигнал на блок управління, який, в свою чергу, дає команду на пуск насоса. Мастило з насоса через трубопроводи надходить до головного розподільника змащення. Розподільник має чотири виходи, з яких мастило надходить до розподільника, встановленого на шинах [10]. Розподільники рівномірно подають мастило в усі канали мастильної шини. Канали мастильної шини мають виходи і забезпечують подачу мастила на бокову поверхню головки рейки. Відключення насоса відбувається після виконання заданого циклу змащування, який визначається кількістю спрацьовувань головного розподільника і реєструється в блоці управління. Після реєстрації в блоці управління заданої кількості сигналів з головного розподільника насос відключається. Після отримання нового сигналу з сенсора насос знову включається в роботу. Включення насоса в роботу може бути здійснено в межах від 1 до 100 проходжень осей колісних пар над сенсорним датчиком. Рознос мастила по довжині рейкової колії в зимовий період при низьких температурах становить до 1200 м, при високих температурах становить до 3500 м. При застосуванні рейкозмашувачів використовують мастило типу Addinol Spurkranzfett 2 MO, «АЗМОЛ-РЕЛЬСОЛ» або інші консистентні мастила.

Результати досліджень експлуатаційної роботи рейкозмашувачів плунжерного типу та з програмним забезпеченням, які проводились у всіх регіональних філіях АТ «Укрзалізниця», внесені у порівняльні таблиці та графіки зміни інтенсивності бокового зносу рейок при застосуванні лубрикації та при її відсутності, з використанням рейкозмашувачів вітчизняного виробника плунжерної конструкції, їх аналогів європейського виробництва та рейкозмашувачів з програмним забезпеченням. В тексті умовно різні конструкції рейкозмашувачів та їх експлуатаційні показники поділяються на рейкозмашувачі – 1-ої групи, 2-ої групи та 3-ої групи.

У таблиці 2 наведені характеристики і дані обстежень у криволінійних ділянках колії при застосуванні стаціонарних рейкозмашувачів 1-ої групи. На рисунку 4 наведені графічні залежності побудовані за даними таблиці 2.

Табл. 2 – Показники інтенсивності бокового зносу рейок у різні роки експлуатації

Шифр рейок	Укладання		Дата обстеження	Вантажна напруженість, млн. ткм бр/км за рік	Пропущений тоннаж на момент виміру, млн т бр. вант.	№ плавки, вкатка	Радіус кривої	Середнє значення ширини колії, мм	Рівень натурн. / розрахунковий, мм	Середній боковий знос рейок, мм	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн т бр.
	Місце	Дата вклада-ння									
КФ 2012	Славсько – Лавочне, 1623 км ПК2–7 непарна, підйом 11,5 ‰	05.09.12 -11.2014	19.09.12	32	1,4	А-VII-12 КФ997	330			0,5	0,357
			25.09.13	33	34,7					7,0	0,202
			02.10.14	34	68,8					15,5	0,225
КФ 2014	Славсько – Лавочне, 1623 км ПК2-7 непарна, підйом 11,5 ‰	14.12.16	15.06.17	38	19,1	А-IX-14 КФ324 КФ304	330	1534,4	78,3/80	4,6	0,243
			18.09.17	38	28,9			1541,6	78,0/80	7,1	0,246
			20.02.18	38	45,1			1542,4	76,1/58	11,2	0,248
			27.03.18	38	48,7			1541,6	77,1/58	11,8	0,242
			20.06.18	38	57,6			1543,1	78,0/58	12,7	0,220
			24.09.18	38	67,7			1545,1	75/58	14,6	0,215
КФ 2018	Славсько – Лавочне, 1623 км ПК2-7 непарна, підйом 11,5 ‰	25.10.18	13.02.19	34	11,6	А-VII-18 КФ158 КФ251 КФ160 КФ177	330	1541,3	71,7	1,1	0,099
			12.06.19	34	23,9			1539,9	66,6	2,4	0,101
			24.09.19	34	34,8			1539,8	77	4,0	0,116
			18.02.20	34	47,3			1539,4	71,2	6,06	0,147
			23.02.21	25	72,7			1537	72,5	11,4	0,156

Проаналізуємо показники інтенсивності бокового зносу рейок (рис. 4) при застосуванні стаціонарних рейкозмашувачів плунжерного типу 1-ої групи. Для порівняння інтенсивності бокового зносу розглянемо результати експлуатаційних спостережень за рейками КФ 2012 (без застосування лубрикації), КФ 2014 (без застосування лубрикації) і КФ 2018 (при застосуванні лубрикації). Порівнюючи показники зносостійкості рейок (1, 2) та (3 – з застосуванням лубрикації) зазначено що зменшення інтенсивності бокового зносу досягає найбільшого значення при використанні плунжерних лубрикаторів в 1,04 – 1,33 рази.

У таблиці 3 наведені показники інтенсивності бокового зносу елементів стрілочних переводів при застосуванні стаціонарних рейкозмашувачів 2-ої групи та за їх відсутністю.

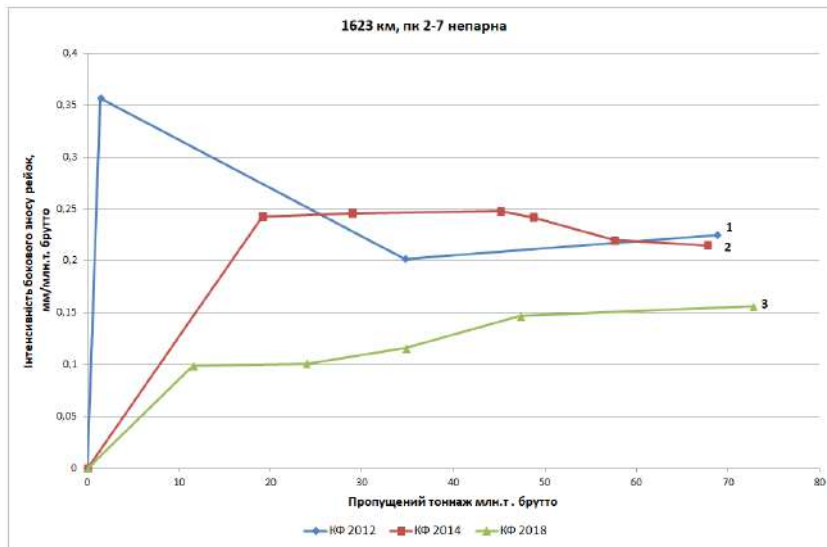


Рис. 4 – Залежності інтенсивності бокового зносу рейок при застосуванні стаціонарних рейкозмащувачів плунжерного типу

Табл. 3 – Порівняння інтенсивності бокового зносу елементів стрілочних переводів при використанні рейкозмащувачів 2-ої групи

Місце заміру	Дата 15.05.2019, боковий знос, мм	Вантажно-напруженість, млн.ткм бр./км у рік	Пропущений тоннаж по криволінійному гостряку, млн.т бр	Інтенсивність бокового зносу, при застосуванні лубрикації, мм/млн	Інтенсивність на 18.08.21, рейкозмащувач не працює, мм/млн	
<b>стр.пер № 14:</b>						
-біля вістря вістряків	2	37,5	9,3	0,215	0,755	3,5
- в перерізі 20 мм	2,1			0,226	0,426	1,9
- в перерізі 50 мм	0,4			0,043	0,138	3,2
- в повному перерізі	1,4			0,151	0,33	2,2
<b>стр.пер № 10:</b>						
- біля вістря вістряків	1,3	38,7	9,5	0,137	0,811	5,9
- в перерізі 20 мм	3			0,316	0,758	2,4
- в перерізі 50 мм	0,7			0,074	0,579	7,8
- в повному перерізі	0			0	0,726	
<b>стр.пер № 8:</b>						
-біля вістря вістряків	0	38,7	старопридатна рамна рейка з гостряком	старопридатна рамна рейка з гостряком	0,007	
-в перерізі 20 мм	5,9				0,185	
-в перерізі 50 мм	4,4				0,724	
-в повному перерізі	6,5				1,052	
<b>стр.пер № 6:</b>						
-біля вістря вістряків	7,1	38,7	17,8	0,399	0,721	1,8
-в перерізі 20 мм	5			0,281	0,721	2,6
-в перерізі 50 мм	1,9			0,107	0,514	4,8
-в повному перерізі	2,2			0,124	0,55	4,4

Дані бокового зносу елементів стрілочних переводів на СП № 10 та СП № 14 до встановлення рейкозмащувача, при однаковому пропущеному вантажі, внесено у таблицю 4.

Табл. 4 – Показники зносу елементів стрілочних переводів до встановлення рейкозмащувача

Місце заміру	Дата 15.05.2018, боковий знос, мм	Вантажо-напруженість, млн.ткм бр./ км у рік	Пропущений тоннаж по криволінійному гостряку, млн.т бр	Інтенсивність зносу, мм/млн
<b>стр.пер № 14:</b>				
-біля вістря вістряків	10,2	38,5	8,5	1,2
-в перерізі 20 мм	6,2			0,729
-в перерізі 50 мм	2,5			0,294
-в повному перерізі	1,7			0,2
<b>стр.пер № 10:</b>				
-біля вістря вістряків	12,2	40,6	9	1,356
-в перерізі 20 мм	7,1			0,789
-в перерізі 50 мм	3,5			0,389
-в повному перерізі	2			0,222

За даними таблиць 3 і 4 побудовані діаграми інтенсивності зносу криволінійного гостряка стрілочного переводу з рейкозмащувачем 2-ої групи та без нього (рис. 6, 7, 8).

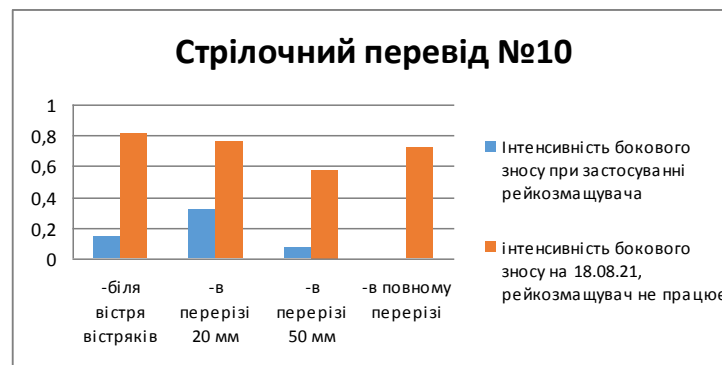


Рис. 6 – Інтенсивності зносу криволінійного гостряка стрілочного переводу при застосуванні рейкозмащувача 2-ої групи

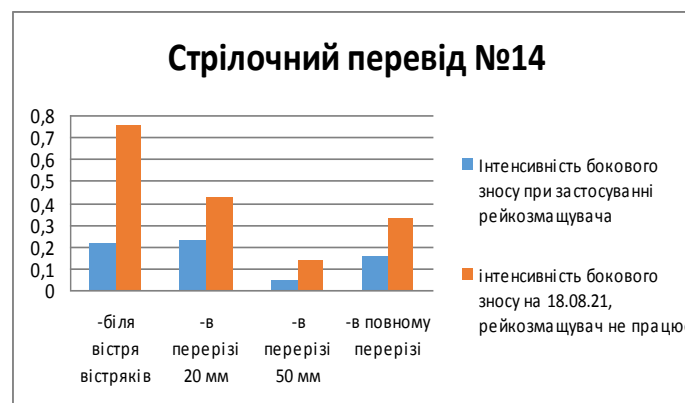


Рис. 7 – Інтенсивності зносу криволінійного гостряка стрілочного переводу без застосування рейкозмащувача 2-ої групи

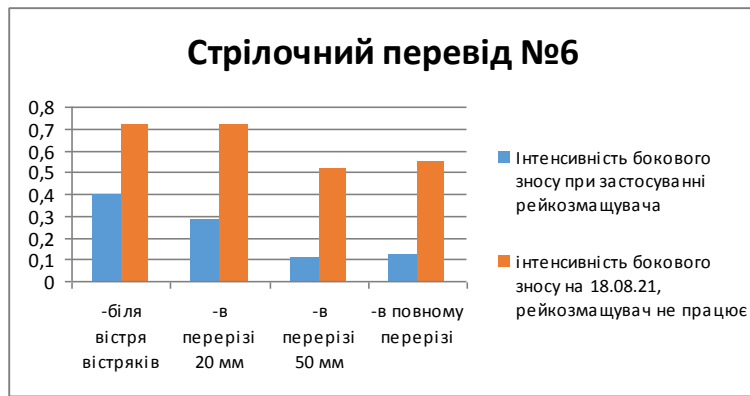
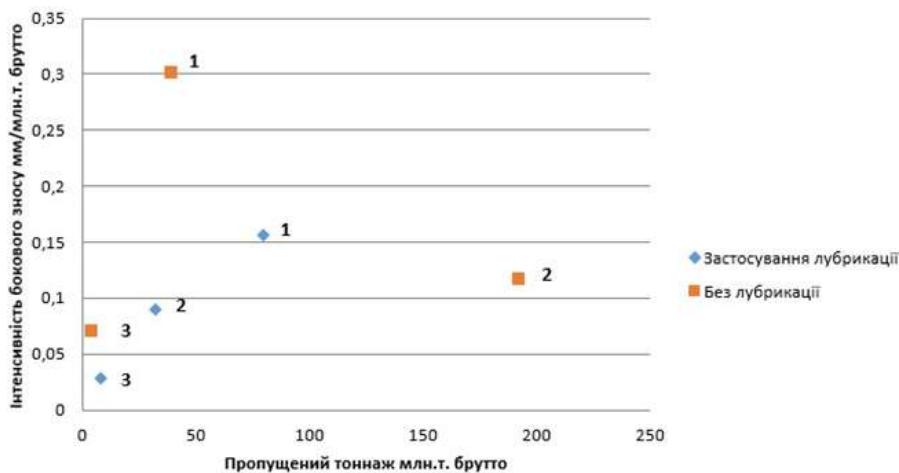


Рис. 8 – Діаграма інтенсивності зносу криволінійного гостряка стрілочного переходу при застосуванні рейкозмашувача 2-ої групи і без застосування

Табл. 5 – Порівняння показників зносу рейок з застосуванням лубрикації та за її відсутністю при застосуванні стаціонарних рейкозмашувачів 3-ої групи

Місце заміру	Застосування лубрикації		Без лубрикації	
	пропущений тоннаж по колії, млн.т бр	інтенсивність бокового зносу, мм/млн	пропущений тоннаж по колії, млн.т бр	інтенсивність бокового зносу, мм/млн
ст. Підзамче 1475 км ПК1, стрілочний перевід № 6, непарної колії	79,8	0,156	39,9	0,3
непарній колії ст. Дніпро – Головний перед багато радіусною кривою 460, 410, 350м	32,1	0,09	192,8	0,116
на непарній колії ст. Київ Пасажирський по ходу руху поїздів перед стрілочним переходом № 54	8,25	0,028	4,58	0,07

На рисунку 9 наведені залежності інтенсивності зносу рейок від застосування рейкозмашувачів 3-ої групи, побудовані за даними таблиці 5.



- 1 - 1475 км ПК1, СП №6, непарна колія.
- 2 - ст. Дніпро-Головний, непарна колія, перед багаторадіусною кривою 460 м, 410 м, 350 м.
- 3 - ст. Київ-Пасажирський, непарна колія, перед СП №54.

Рис. 9 – Залежності інтенсивності зносу рейок від застосування рейкозмашувачів 3-ої групи

Рейкозмашувачі 2-ої та 3-ої групи показали зменшення інтенсивності бічного зносу головки рейки у кривих ділянках колії та криволінійних гостряків з рамними рейками до 65 %.

### **Висновки**

Прийняття рішення щодо вибору конструкції рейко- та гребнезмашувачів залежить від експлуатаційних умов, в яких вони використовуються, та економічного ефекту, обумовленого використанням цих пристроїв.

За наявності на мережі залізниць України кривих загальною довжиною в тисячі кілометрів та суттєвої кількості стрілочних переводів знос рейок, колісних гребенів і локомотивних бандажів часто досягає значних величин. При цьому заподіюваний зносом збиток виражається не лише в частішій зміні рейок і шпал, елементів стрілочних переводів та більш частому обточуванні колісних пар, але також і у втраті сили тяги локомотивів та збільшенні витрат енергії на тягу поїздів.

Рейко- та гребнезмашування має позитивний вплив на зменшення інтенсивності бокового зносу рейок до 2,5 разів.

На невеликих станціях, де стрілочна вулиця складається з 5–7 стрілочних переводів, а також на коротких відстанях до 1000 м, доцільно використовувати плунжерні конструкції рейкозмашувачів.

На станціях, де стрілочна вулиця складається з більшої кількості стрілочних переводів (станції 1 класу або позакласні станції), а також на відстанях до 3500 м, доцільно використовувати рейкозмашувачі з програмним забезпеченням їх роботи.

В інших випадках пропонується використовувати пересувні рейкозмашувачі встановлені на локомотивах і вагони-рейкозмашувачі безконтактної дії.

### **Література**

1. Ляшенко Я. А. Трибологические свойства режимов сухого, жидкостного и граничного трения / Я.А. Ляшенко // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81, вып. 5. – С. 115-121.
2. Говоруха В.В. Исследования бокового износа рельсов при механическом взаимодействии пути и колес ходовой части вагонов на криволинейных участках пути / В. В. Говоруха, Ю. А. Макаров // Геотехнічна механіка. – 2017. – № 134. – С. 125-140.
3. Блохин Е.П. Повышенный износ колес и рельсов – важнейшая проблема транспорта / Е.П. Блохин, С.В. Мямлин, Н.И. Сергиенко // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 1. – С. 10-14.
4. Мямлин С.В. Совершенствование систем смазки на железнодорожном транспорте / С.В. Мямлин // Залізничний транспорт України. – 2020. – № 1. – С. 19-24.
5. Афанасов А.М. Автоматизация управления системой смазывания гребней колес локомотивов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Афанасов Андрей Михайлович. – Днепропетровск : Днепр. нац. ун-т ж-д. транспорта им. акад. В. Лазаряна, 1999. – 209 с.
6. Макаров Ю.О. Рейкозмашувачі (лубрикатори) : технічний звіт / Ю.О. Макаров, Р.Ю. Залеський. – Дніпро: ВП «Колієобстежувальна станція ПС–1» філії «ЦДЗІ» АТ «Укрзалізниця», 2018. – 194 с.
7. Рейкозмашувач колійний: проект 1901.000.СБ. Технічний опис та інструкція з експлуатації. – [Чинний від 2001–09–26]. – Черкаси: ВСП «Одеський колійний ремонтно-механічний завод» АТ «УЗ», 2001. – 8 с.
8. Макаров Ю.О. Ефективність роботи лубрикаторів. Аналіз роботи існуючих рейко- та гребнезмашувачів: технічний звіт / Ю.О. Макаров, Р.Ю. Залеський. – Дніпро: ВП «Колієобстежувальна станція ПС–1» філії «ЦДЗІ» АТ «Укрзалізниця», 2019. – 226 с.
9. LubriCurve 50 & EasiPump. Механическая система путевой смазки рельсов, остряков и гребней колес. Руководство по эксплуатации. – Whitmore, 2017. – 52 с.
10. Демченко С.М. Проблеми застосування стаціонарних рейкозмашувальних пристроїв на залізницях АТ «Укрзалізниця» / С.М. Демченко, Ю.О. Макаров, А.А. Татуревич // Залізничний транспорт України. – 2020. – № 1. – С. 25-34.
11. Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови : ДСТУ 4344:2004. – [Чинний від 2005-10-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2005. – 28 с. – (Нац. стандарт України).

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Мямлін Сергій Віталійович**,  
д.т.н., професор, директор філії  
«Центр діагностики залізничної  
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця».  
Вул. Святошинська, 13, м. Київ,  
03115, Україна.  
Тел.: +38 044 309 74 00.  
E-mail: sergeymyamin@gmail.com.  
<http://orcid.org/0000-0002-7383-9304>.

**Макаров Юрій Олександрович**,  
начальник виробничого підрозділу  
«Коліобстежувальна станція ПС-1»  
філії «Центр діагностики залізничної  
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця».  
Вул. Привокзальна, 9-б, м. Дніпро,  
49038, Україна.  
Тел.: +38 056 793 18 23.  
E-mail: yu.makarov@dp.uz.gov.ua.

**Залеський Роман Юрійович**,  
інженер виробничого підрозділу  
«Коліобстежувальна станція ПС-1»  
філії «Центр діагностики залізничної  
інфраструктури» АТ «Укрзалізниця».  
Вул. Привокзальна, 9-б, м. Дніпро,  
49038, Україна.  
Тел.: +38 056 793 18 23.  
E-mail: r.zalesskiy1101@gmail.com.

**Новини АТ «Укрзалізниця»****НАУКОВО-ТЕХНІЧНА РАДА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»**

У четвертому кварталі 2022 року в АТ «Укрзалізниця» було проведено чотири засідання секцій Науково-технічної ради товариства, серед них 2 засідання секції «Єдина технічна політика, екологічний менеджмент, безпека руху та життєдіяльності», 1 засідання секції «Управління процесом перевезень, комерційна робота та логістика» та 1 засідання секції «Ресурсо (енерго) збереження».

На засіданнях секцій Науково-технічної ради було розглянуто та схвалено 13 проектів нормативних документів, зокрема проекти основоположних стандартів серії «Система стандартизації АТ «Укрзалізниця», проекти програмних документів на період до 2030 року «Єдина технічна політика АТ «Укрзалізниця» та «Екологічна політика АТ «Укрзалізниця», які були рекомендовані до затвердження Правлінням товариства. Також були обговорені та визнані як успішні дії по співпраці з Deutsche Bahn Engineering & Consulting, в частині розробки проекту «Стратегії енергоменеджменту АТ «Укрзалізниця».

В кінці жовтня відбулося засідання Науково-технічної ради АТ "Укрзалізниця", яка розглянула та схвалила проект документу «Програма розвитку залізничних станцій та переходів, що межують з країнами ЄС і Республікою Молдова», а також проекти «Єдиної технічної політики АТ «Укрзалізниця» та «Плану впровадження заходів для реалізації єдиної технічної політики АТ «Укрзалізниця» на 2022-2025 роки». Всі розглянуті документи були рекомендовані до розгляду на засіданні Правління АТ «Укрзалізниця», з подальшим введенням їх в дію встановленим порядком.



УДК 625.03

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-39-48

*Канд. техн. наук Твердомед В.М.*

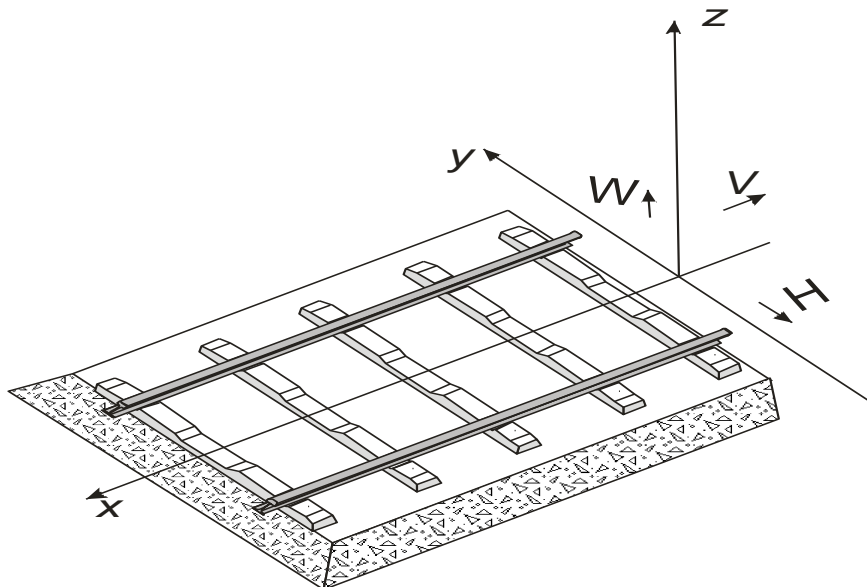
**ЯКІСНА ОЦІНКА СТАНУ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З РУХОМИМ СКЛАДОМ**

**QUALITATIVE ASSESSMENT OF RAIL TRACK CONDITION IN INTERACTION WITH ROLLING STOCK**

*Ключові слова:* рухомий склад, залізнична колія, ширина колії, поздовжній рівень, поперечний рівень, перекис, індекс якості колії.

**Вступ**

Взаємодія рухомого екіпажу та залізничної колії (маса вагона і локомотива, стан їх екіпажних частин, швидкість руху, інтенсивність прикладення навантажень), вплив природних факторів – температури повітря (мороз викликає пучини на залізничній колії, жара – угони та викиди, у першу чергу безстикової колії), опадів (дош, відтаювання снігу призводять до виплесків або зволоження баластного шару) та людського фактору (несвоєчасне чи неякісне усунення несправностей колії, що з’явилися при її експлуатації) призводять до накопичення залишкових деформації, як на ходових частинах рухомого складу, так і на залізничній колії. З урахуванням того, що залізнична рейкова колія належить до просторових конструкцій, то дію поїзних навантажень, як і деформативність колії, розглядають у трьох площинах (рис. 1): горизонтальній площині **Н**, вертикальній поздовжній площині **V** та вертикальній поперечній площині **W**, відповідно у плані, поздовжньому та поперечному профілі [1].



*Рис. 1 – Просторова схема взаємодії екіпажу рухомого складу та рейкової колії*

Основними геометричними параметрами, що характеризують положення залізничної рейкової колії (розміщення рейкових ниток) у плані, поздовжньому та поперечному профілі на всіх етапах її життєвого циклу, є *шаблон* – ширина рейкової колії і *рівень* – взаємне положення головок рейок. Викривлення колії у поздовжньому та поперечному профілі – це таке викривлення, за якого одна чи обидві її рейкові нитки будуть мати видиме просідання (рис. 2, а).

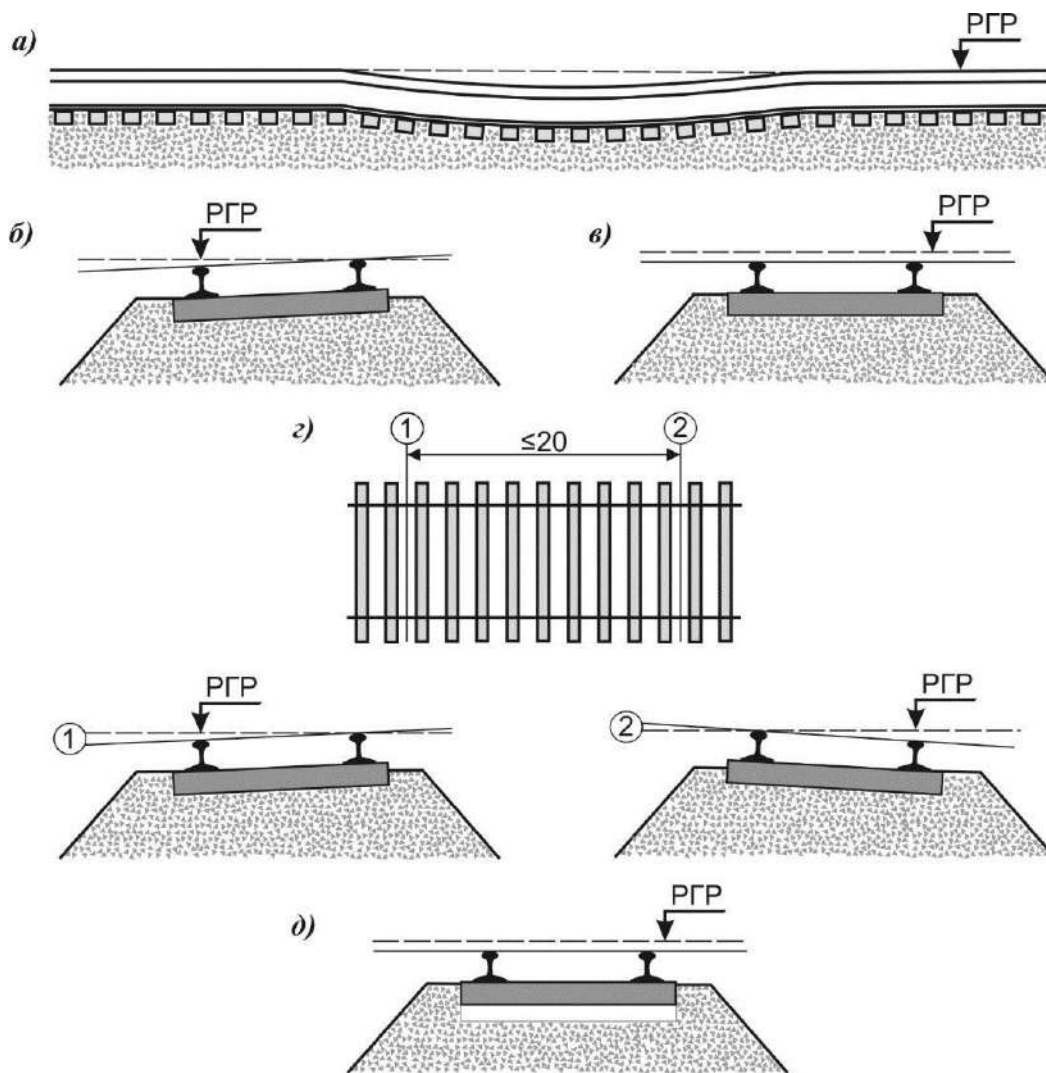


Рис. 2 – Викривлення колії у поздовжньому та поперечному профілі:

а) видиме просідання; б) одностороннє просідання; в) двостороннє просідання; г) різностороннє просідання або перекус; д) невидиме просідання або поштовх; РГР рівень головки рейки

Просідання колії розрізняють на: одностороннє (рис. 2, б); двостороннє (рис. 2, в); різностороннє на довжині 20 м і менше, або перекус (рис. 2, г); невидиме (шпала своєю нижньою поверхнею (підшовою) не спирається на баласт – між підшовою шпали та поверхнею баласту є простір, незаповнений баластом – рис. 2, д), або поштовх. Найбільш небезпечним при взаємодії рухомого складу та колії є різностороннє просідання на довжині 20 м і менше – перекус (рис. 2, г). Наявність невидимих просідань викликає появу інших небезпечних несправностей – виплесків, які створюють серйозну загрозу безпеці руху поїздів. Причини появи просідань: недостатня товщина баластного шару; втрата баластним шаром необхідних пружних властивостей; забруднення баластного шару; нерівномірність ущільнення баласту під шпалами – що є основною причиною.

Викривлення залізничної колії у плані – це таке викривлення, при якому здійснюється відхилення поздовжньої осі колії від її прямолінійного напрямку в прямій (рис. 3) чи від її геометричної правильної кривизни в кривій. Будь-яке відхилення положення колії в плані викликає додаткову динамічну дію коліс рухомого складу на колію та зміну прискорень колісної пари при її русі. Унаслідок цього на колію діють додаткові бокові сили, які швидко призводять до зміни положення колії у плані та погіршення її загального технічного стану. Причинами утворення викривлення колії у плані є: недостатня ширина баластної призми та поява у колії просідань.

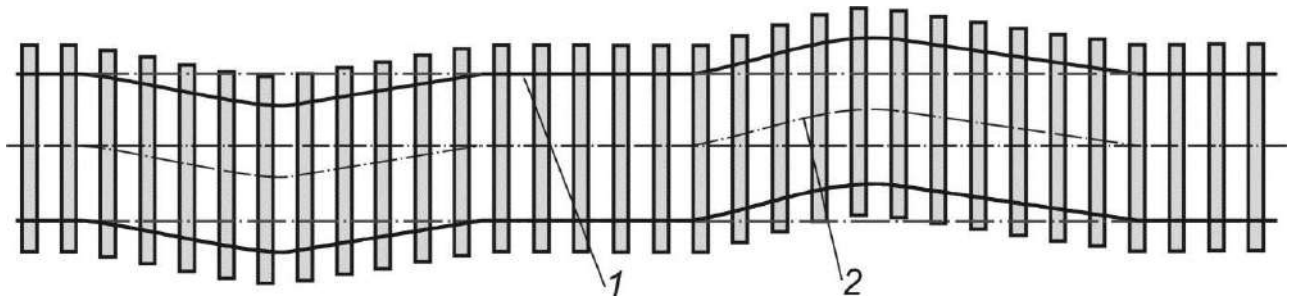


Рис. 3 – Схематичне зображення викривлення колії у плані в прямій:  
1 – рейкові нитки; 2 – поздовжня вісь колії

Для забезпечення безпеки руху поїздів із встановленими швидкостями руху проводиться періодичний контроль за геометричним положенням рейкової колії. Оцінка відповідності геометричних параметрів залізничної колії виконується з використанням колієвимірювальних засобів (вагонів, візків чи інших пристроїв). За результатами проведеної діагностики геометричних параметрів рейкової колії приймаються рішення щодо проведення необхідних ремонтно-колійних робіт, з відновленням проектного положення залізничної колії у вертикальній та горизонтальній поперечній і поздовжній площинах.

З метою кількісної оцінки нерівностей залізничної колії на залізницях країн світу використовуються індекси якості залізничної колії [2, 3]. Такі індекси поєднують вимірювання декількох або всіх геометричних параметрів рейкової колії, які вимірює колієвимірювальний засіб. Глибокий аналіз окремих геометричних параметрів залізничної колії дозволяє на початковому етапі виявити появу небезпечних дефектів та запланувати проведення необхідних ремонтних робіт. Цілісне уявлення про експлуатаційну якість залізничної колії особливо корисно для хронології оцінки технічного стану частини або всієї залізничної колії. Таким чином, встановлення надійного індексу якості залізничної колії є заздалегідь визначним кроком при проведенні діагностики колії та для прийняття рішень при стратегічному розподілі ресурсів для її ремонту. Для детального планування технічного обслуговування залізничної колії необхідний додатковий аналіз впливу окремих її геометричних параметрів, тобто індексів якості індивідуальних геометричних параметрів, на загальний технічний стан колії.

#### Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми

В європейському стандарті [4] розрізняють два терміни індексів якості залізничної колії: індивідуальний та загальний. Індивідуальний, тобто відхилення ( $SD$ ,  $\sigma$ ) положення рейок за рівнем, шириною колії, положенням колії в плані, які розраховуються за формулою:

$$SD = \sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість значень у вибірці;

$x_i$  – поточне значення відхилення;

$\bar{x}$  – середнє значення відхилення.

Об'єднання цих окремих індексів якості колії дає стандартне відхилення, тобто цілісний індекс якості колії, який визначається за формулою:

$$CoSD = \sqrt{w_{AL} SD_{AL}^2 + w_G SD_G^2 + w_{CL} SD_{CL}^2 + w_{LL} SD_{LL}^2}, \quad (2)$$

де  $SD$  – відхилення окремих геометричних параметрів;

$w$  – ваговий коефіцієнт індивідуальних параметрів геометрії колії з індексами:  $AL$  – середній рівень лівої та правої рейок;  $G$  – ширина колії;  $CL$  – поперечний рівень;  $LL$  – поздовжній рівень, середнє лівої та правої рейок.

На Китайських залізницях індекс якості колії дорівнює сумі відхилень усіх вимірювальних геометричних параметрів залізничної колії та розраховується для 200 м довжини ділянки колії із звичайними швидкостями руху і 500 м на лініях із високошвидкісним рухом поїздів за формулою [5]:

$$TQI = \sum_{i=1}^7 \sigma_i. \quad (3)$$

Австрійські федеральні залізниці використовують індекс якості колії який описує вплив нерівностей геометрії колії на рухомий екіпаж. Таким чином, формула поєднує відхилення поздовжнього рівня ( $\Delta v'$ ), рівень ( $\Delta h$ ) і поперечний рівень ( $\Delta \ddot{u}$ ), а також враховує максимальну швидкість руху на ділянці залізничної колії. Вплив швидкості враховується через коефіцієнт, число 0,65, який відображає вплив на колію рухомого екіпажу. Коефіцієнт  $c$  є масштабним коефіцієнтом, а змінна  $L$  представляє довжину ділянки залізничної колії що розглядається [6-7]:

$$MDZ = c \cdot \frac{1}{L} \cdot v^{0,65} \cdot \sum_{i=1}^L \sqrt{(\Delta v')^2 + (\Delta h + \Delta \ddot{u})^2}. \quad (4)$$

Індекс якості колії Канадської національної залізничної компанії враховує положення рейок за рівнем (обидві рейки окремо), ширину колії та положення колії в плані. Індивідуальні показники якості колії для цих параметрів розраховуються згідно формули (5), де  $C$  являє собою тип залізничної лінії. Загальний індекс якості отримують усередненням окремих результатів вимірювання за формулою (6) [5]:

$$TQI_i = 1000 - C \cdot \sigma_i^2, \quad (5)$$

$$TQI = \frac{\sum_{i=1}^n TQI_i}{n}. \quad (6)$$

Індекс якості колії  $J$  усереднює стандартні відхилення поздовжнього рівня ( $SD_z$ ), вимірювання ( $SD_y$ ), скручування ( $SD_w$ ) і ширини колії ( $SD_e$ ). Вплив ширини колії зменшується вдвічі, що має на меті пом'якшити надмірне представлення ширини колії в перехідних елементах [8]:

$$J = \frac{SD_z + SD_y + SD_w + 0,5 \cdot SD_e}{3,5}. \quad (7)$$

Загальний індекс відповідності геометрії колії  $OTGI$ , що визначається за формулою (8), враховує стандартні відхилення та середні значення відхилень ширини колії, які розділені на розширення  $GI^+$  та звуження  $GI^-$  через різні допуски, рівень  $AI$ , поздовжній рівень  $PI$  та перекид  $TI$ , які визначаються за формулами (9) ... (13). Ці індивідуальні індекси корегуються за допомогою коефіцієнтів залежно від класу лінії  $a, a', b, c, d$  [2]:

$$OTGI = \frac{\frac{a}{2} \cdot GI^+ + \frac{a'}{2} \cdot GI^- + b \cdot AI + c \cdot PI + d \cdot TI}{\frac{a + a'}{2} + b + c + d}, \quad (8)$$

де: - індекс ширини колії  $GI^+ = |\bar{x}_G + 3 \cdot SD_G|;$  (9)

$$GI^- = |\bar{x}_G - 3 \cdot SD_G|; \quad (10)$$

- індекс рівня

$$AI = \frac{|\bar{x}_{\text{AlignmentLeft}}| + 3 \cdot SD_{\text{AlignmentLeft}} + |\bar{x}_{\text{AlignmentRight}}| + 3 \cdot SD_{\text{AlignmentRight}}}{2}; \quad (11)$$

- індекс поздовжнього профілю

$$PI = \frac{|\bar{x}_{\text{ProfileLeft}}| + 3 \cdot SD_{\text{ProfileLeft}} + |\bar{x}_{\text{ProfileRight}}| + 3 \cdot SD_{\text{ProfileRight}}}{2}; \quad (12)$$

- індекс перекоосу

$$TI = |\bar{x}_{\text{Twist}} + 3 \cdot SD_{\text{Twist}}|. \quad (13)$$

Індекс якості колії, що використовується американською залізничною компанією Amtrak, розраховується як середнє квадратичне значення вимірювань для геометричних параметрів залізничної колії на ділянці залізниці що контролюється [2, 9]:

$$TGI_i = \sum_{j=1}^n \frac{(x_i)^2}{n}. \quad (14)$$

### Мета і завдання дослідження

Метою роботи є аналіз існуючих методів оцінки якості взаємодії залізничного рухомого екіпажу та рейкової колії за результатами вимірювання її геометричних параметрів. Для досягнення зазначеної мети визначені такі завдання:

- проведення аналізу показників кількісної оцінки нерівностей залізничної колії на залізницях країн світу;

- аналіз діючої методики оцінки нерівностей залізничної колії на залізницях України та встановлення шляхів її удосконалення.

### Матеріали та методи дослідження

Якісна оцінка стану рейкової колії на залізницях України визначається за результатами вимірів колієвимірювального вагону залежно від суми набраних балів на кілометрі довжини колії за всіма видами відступів від її нормованого стану та їх ступенів [10]. На рисунку 4 наведена якісна оцінка залізничної колії залежно від набраних балів за геометричні відхилення рейкової колії.

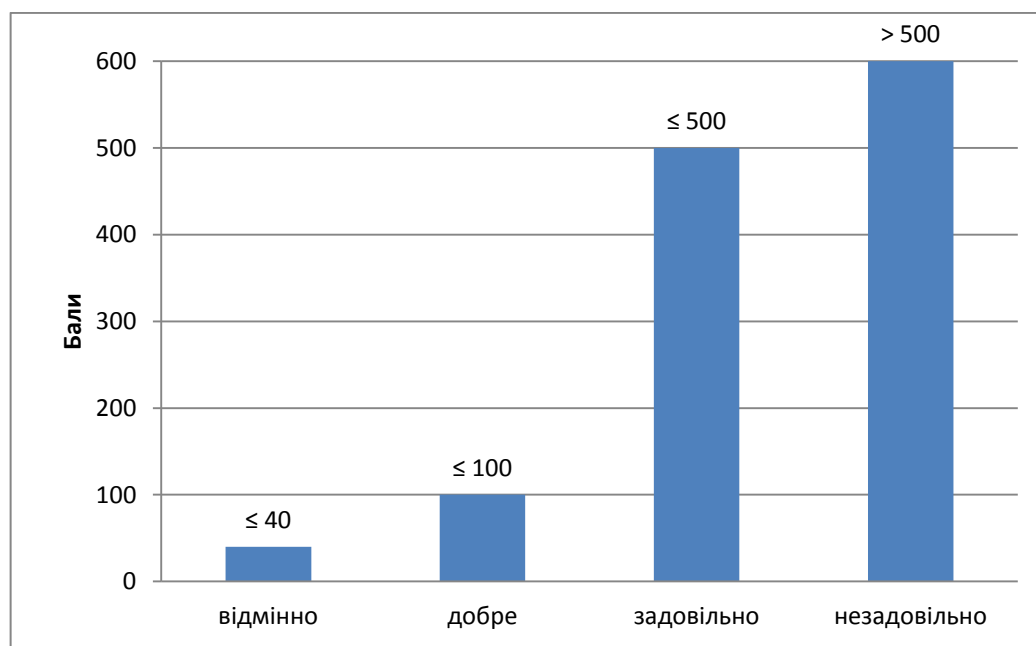


Рис. 4 – Якісна оцінка стану рейкової колії залізниць України

Для кількісної оцінки нерівностей залізничної колії, колієвимірювальний вагон залізниць України фіксує фактичні геометричні розміри рейкової колії у вертикальній, горизонтальній поздовжній та поперечній площинах. Отримані геометричні показники колії дозволяють визначити її відхилення від діючих норм улаштування залізничної колії.

За результатами проведених досліджень визначені критичні показники та значення геометричних параметрів стану рейкової колії, які впливають на безпеку руху поїздів (рис. 5).

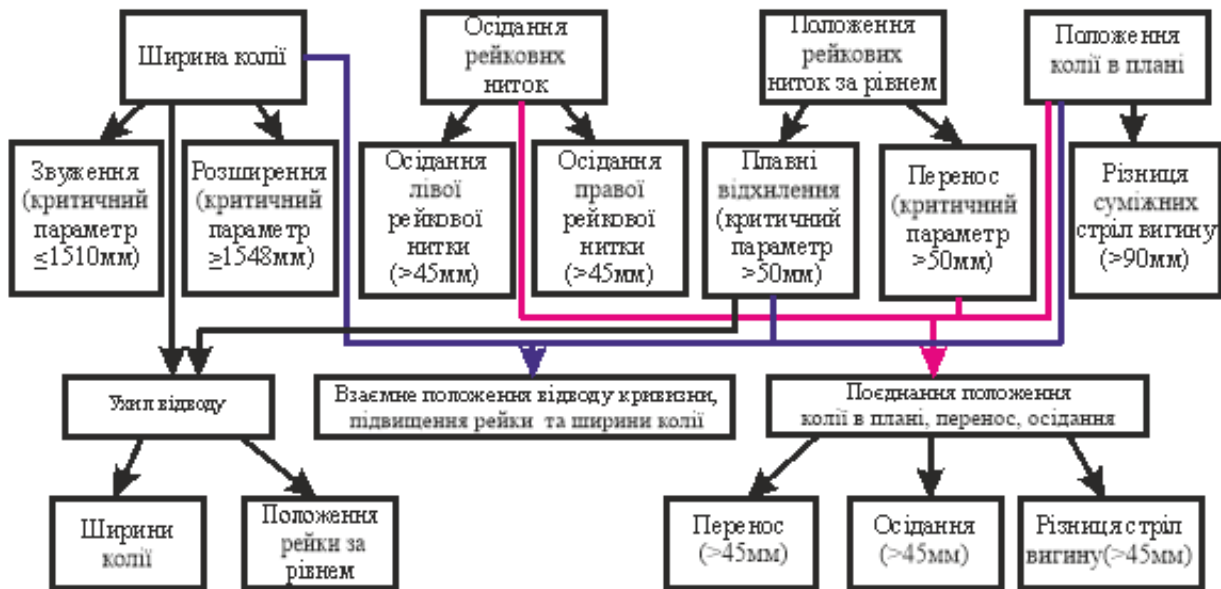


Рис. 5 – Критичні показники та значення геометричних параметрів залізничної колії

Залежно від градації ділення амплітуд і довжини відступів, від ступеня їх впливу на динамічні показники взаємодії рухомого складу та колії, безпеку і плавність руху поїздів та на інтенсивність накопичення залишкових деформацій колії, встановлено п'ять ступенів відхилень. Залежно від ступеня відступу геометричного параметру колії приймаються рішення про умови пропуску поїздів та необхідність проведення ремонтно-колійних робіт. В таблиці 1 наведена характеристика кожного ступеня відступу стану рейкової колії.

В основу оцінки геометричного положення рейкової колії покладено вплив відступів від її нормативного стану на динамічні показники взаємодії рухомого складу і колії та на черговість і строки усунення цих відступів.

Табл. 1 – Ступені відхилень від нормативних вимог геометричних параметрів рейкової колії

Критерій	Ступені відступів стану рейкової колії				
	I ступінь	II ступінь	III ступінь	IV ступінь	V ступінь
Безпека руху	Забезпечується безпека і плавність руху	Впливають на плавність руху поїздів	Впливають на плавність руху поїздів та інтенсивність накопичення залишкових деформацій колії	Призводить до інтенсивного накопичення залишкових деформацій колії.	Викликають зростання сил взаємодії колії та рухомого складу до критичних значень
Проведення ремонтних робіт	Не потребують проведення ремонтних робіт	Потребують проведення ремонтних робіт	Потребують проведення ремонтних робіт	Потребують усунення у першу чергу	Потребують негайного усунення
Умови експлуатації ділянки колії	Не вимагають зменшення швидкості руху поїздів	Зменшення швидкості руху поїздів	Зменшення швидкості руху поїздів	Вимагають зменшення швидкості руху поїздів	Вимагають зменшення швидкості або закриття руху поїздів

Індивідуальна оцінка вагомості кожного вимірюваного геометричного параметра рейкової колії також проводиться в балах. Так, стан колії за шириною оцінюється балами в залежності від ступеня відступів за кожні два метри довжини колії (рис. 6).

Відступи за рівнем поділяються на перекуси і плавні відхилення у вертикальних напрямках. Перекуси колії по вертикалі оцінюються поштучно залежно від відстані між вершинами наявних піків відступів та їх ступенів (рис. 7).

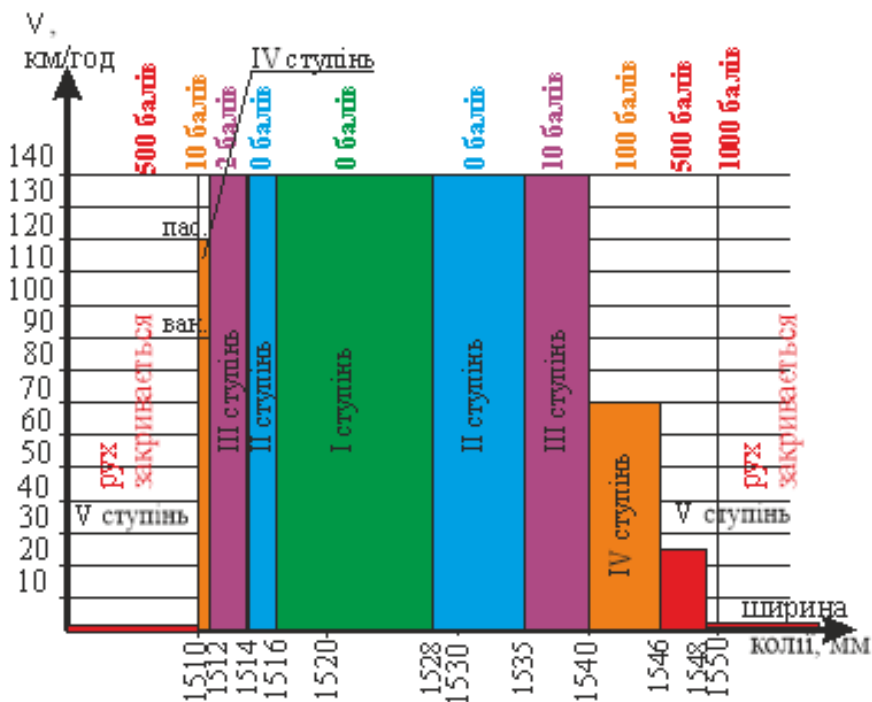


Рис. 6 – Оцінка відступів колії за шириною

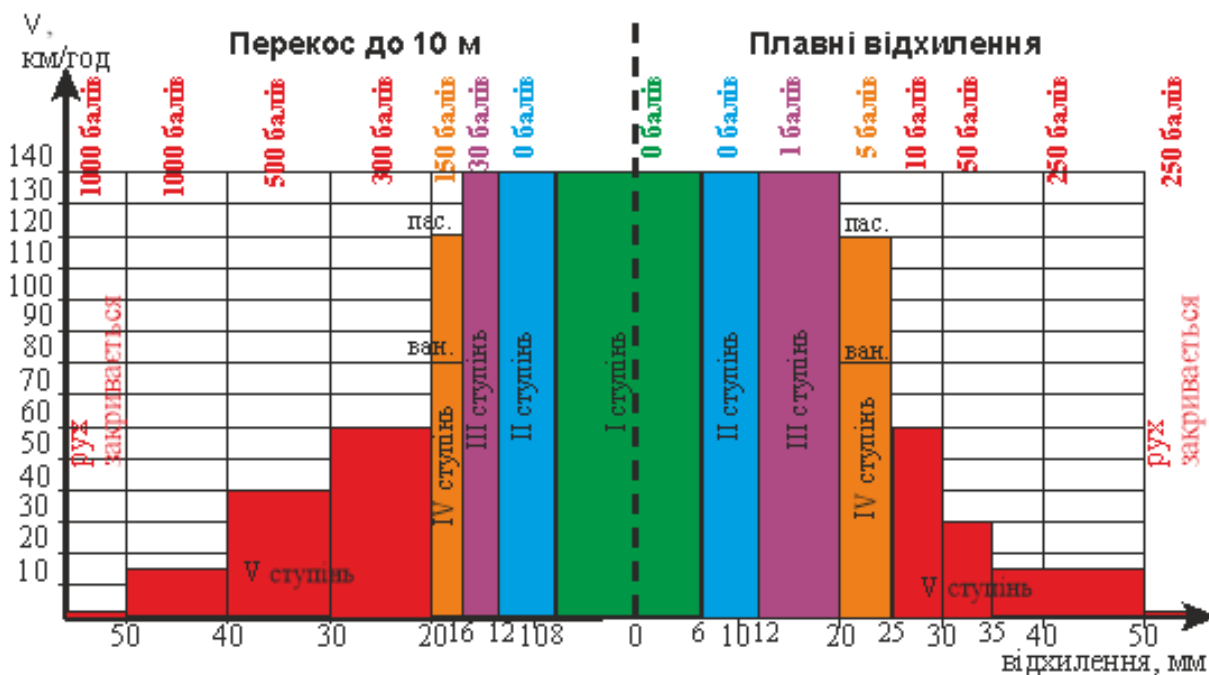


Рис. 7 – Оцінка стану колії залежно від величини перекосу та відступу за рівнем

Плавні відхилення колії за рівнем оцінюються у балах залежно від їх довжини і ступеня відступу. Призначення відповідних балів проводиться виходячи з фактичного відступу за рівнем на кожні 2 м довжини колії.

Осідання рейкових ниток оцінюються поштучно в балах окремо для лівої та правої рейкової нитки колії (рис. 8).

Стан колії за напрямом у плані теж оцінюється в балах, які нараховуються за кожний відступ від її середньої лінії, залежно від ступеня відступу, його довжини та радіуса кривої колії (рис. 9).

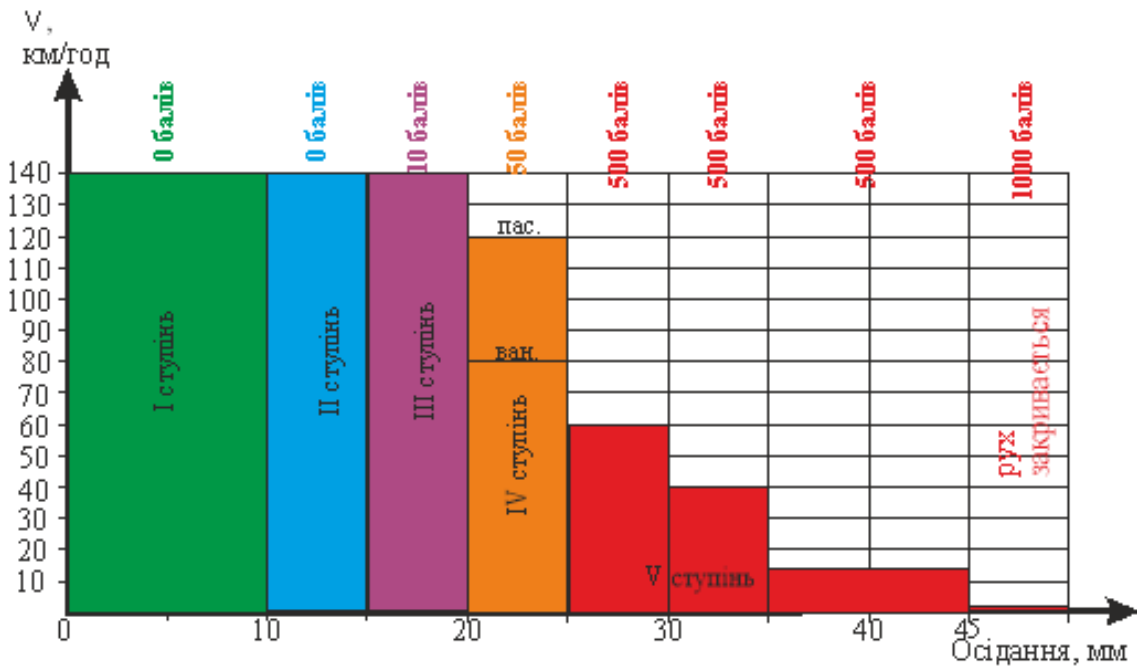


Рис. 8 – Оцінка стану колії залежно від осідань її рейкових ниток

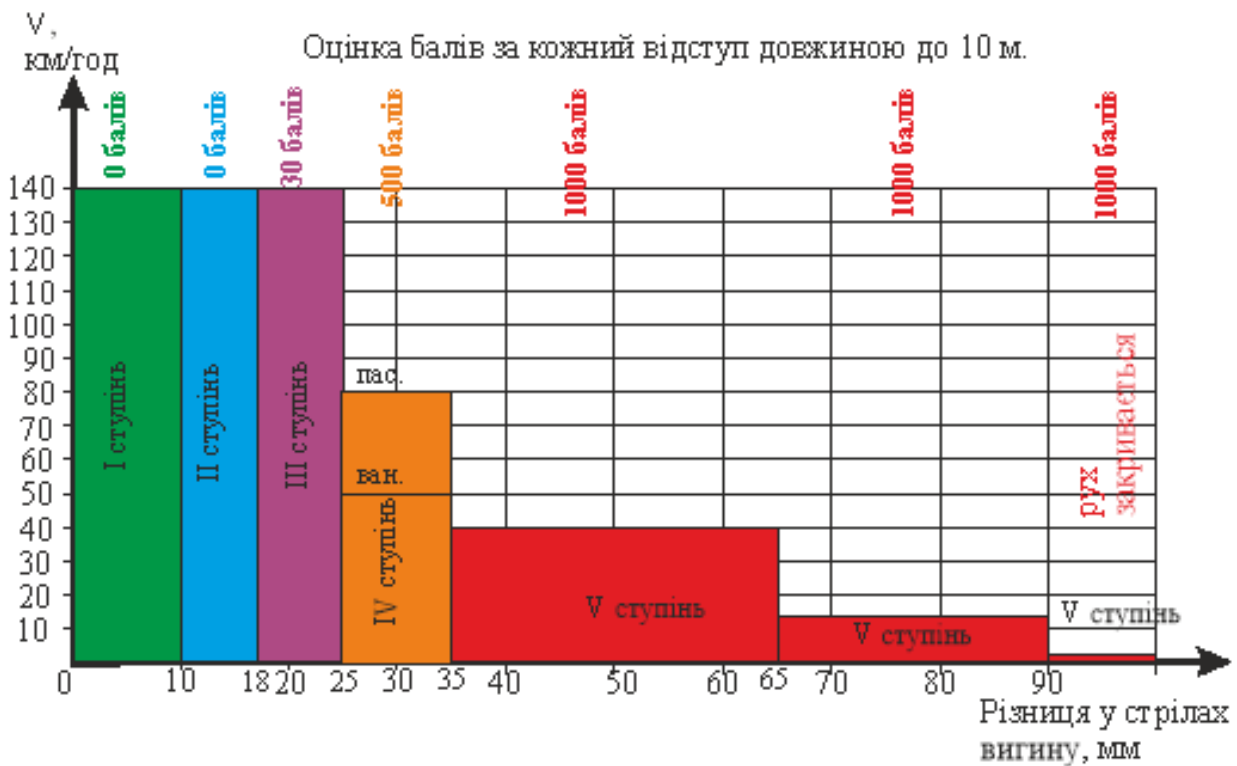


Рис. 9 – Оцінка стану колії за напрямком у плані

З наведеного розгляду діючої методики оцінки стану залізничної колії, видно що при різних видах відхилень геометричних розмірів рейкової колії нараховується однакова кількість балів. Така методика оцінки стану рейкової колії та її кожного окремого геометричного параметра не



надає власнику інфраструктури інформацію про наявний геометричний стан залізничної рейкової колії та ускладнює прийняття рішення про розподіл ресурсів для проведення ремонтно-колійних робіт. Більш достовірну індивідуальну оцінку загального стану дільниць рейкової колії, положення її рейкових ниток за рівнем, положення колії в плані надає використання статистичних методів обробки результатів вимірювань [11, 12].

### **Висновки**

Підтримання оптимальної геометрії залізничних колій під час їх експлуатації є ключовим критерієм забезпечення комфорту пасажирів у поїзді і загальної безпеки роботи залізниці. Численні індекси якості стану колії були розроблені для оцінки загальної якості колії, шляхом вимірювання відхилень геометричних параметрів колії від нормативних. Більшість прийнятих індексів базується на н відхиленнях геометричних параметрів що вимірюються, які комбінуються за допомогою різних математичних моделей.

Оцінка стану залізничної колії на залізницях України проводиться в балах, де за кожне відхилення колії від проектного геометричного положення нараховуються певна кількість балів. Така система оцінювання стану залізничної колії не в достатній мірі відображає дійсне геометричне положення рейкової колії в певній геометричній площині.

Враховуючи досвід залізниць країн світу пропонується розробити індекси якості стану колії для української залізниці з урахуванням її експлуатаційних умов та особливостей поточного утримання колії.

При розробленні нового індексу якості колії необхідно враховувати наявний досвід залізниць світу, а саме:

- індекс повинен описувати загальну фактичну геометричну якість залізничної колії, яка повинна включати як пікові значення відхилень від проектних показників, так і розсіювання результатів окремих геометричних вимірювань;
- індекс повинен спиратися на фізичні та об'єктивні принципи, уникаючи суб'єктивних вагових факторів оцінювання;
- індекс повинен забезпечувати поєднання всіх основних параметрів геометрії колії (рис. 5), що впливають на безпеку руху поїздів;
- індекс має бути універсальним для оцінки стану різних типів колій, змінних лінійних швидкостей руху рухомого складу і різних номінальних колій;
- індекс має бути простим для розуміння та використання.

### **Література**

1. Комплексна машинізація колійних робіт: навч. посібник / [М.І. Карпов, А.Д. Возненко, В.М. Молчанов, В.М. Твердомед]. – Київ : Державний економіко-технологічний університет транспорту, 2011. – 234 с.
2. Sadeghi J. Development of Railway Track Geometry Indexes Based on Statistical Distribution of Geometry Data / J. Sadeghi // Journal of Transportation Engineering. – 2010. – Vol. 136, iss. 8. – P. 693-700. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2010\)136:8\(693\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2010)136:8(693))
3. El-Sibaie M. Objective Track Quality Indices / M. El-Sibaie, Y.-J. Zhang. // Transportation Research Record. – 2004. – Vol. 1863, iss. 1. – P. 81-87. <https://doi.org/10.3141/1863-11>
4. Railway Applications – Track – Track Geometry Quality – Part 6: Characterisation of Track Geometry Quality : EN 13848-6:2014. – Vienna: Austrian Standards Institute, 2014. – 28 p.
5. Establishment of Track Quality Index Standard Recommendations for Beijing Metro / R.-K. Liu, P. Xu, Z.-Z. Sun, C. Zou, Q.-X. Sun // Discrete Dynamics in Nature and Society. – 2015. – Vol. 2015. – Article ID 473830. <https://doi.org/10.1155/2015/473830>
6. Luber B. Methode zur Bewertung von Gleislageabweichungen auf Basis von Fahrzeugreaktionen: Dissertation Doctor technicae / Bernd Luber; Graz University of Technology. – Graz, Austria, 2011. – 144 p.
7. Mlinarić T.J. Dugoročna Procjena Kvalitete Kolosiječne Geometrije s Ciljem Identificiranja Zahtjeva Održavanja : doktorska disertacija / Tomislav Josip Mlinarić; University of Zagreb. Zagreb, Croatia, 2002.

8. Madejski J. Continuous Geometry Measurement for Diagnostics of Tracks and Switches / J. Madejski, J. Grabczyk // Proceedings of the International Conference on Switches, Delft, The Netherlands, 19–22 March 2002. – Delft University of Technology, 2002.

9. Ebersöhn W. Use of Track Geometry Measurements for Maintenance Planning / W. Ebersöhn, E.T. Selig // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 1994. – Vol. 1470. – P. 84-92.

10. Рибкін В. В. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показаннями колієвимірвальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії : ЦП-0267 ; затв. наказом Укрзалізниці № 033-Ц від 01.02.2012 / В.В. Рибкін, О.М. Патласов. – Київ : Поліграфсервіс, 2012. – 46 с.

11. Influence of the structural design of rail fastenings on ensuring the stability of track gauge in operating conditions / O.V. Aharkov, V.M. Tverdomed, V.D. Boiko, V.V. Kovalchuk, O.H. Strelko // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – Vol. 708: Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings, 20–22 November 2019, Kharkiv, Ukraine. – DOI 10.1088/1757-899X/708/1/012001

12. Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System / V. Tverdomed, V. Tkachenko, S. Sapronova, O. Aharkov, O. Fedorova // Transport Means : Proceedings of 23rd International Scientific Conference (October 02–04, 2019, Palanga, Lithuania). – Part I. Kaunas University of Technology, 2019. – P. 348-352.

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**Твердомед Володимир Миколайович,**

к.т.н., доцент, директор Київського інституту залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій.

Вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна.

Тел.: +38 067 318 79 16.

E-mail: tverdomed@gsuite.duit.edu.ua.

ORCID ID: 0000-0002-0695-1304.

#### **РЕКЛАМА В ЖУРНАЛІ**

#### **«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ»**

**З питань розміщення реклами у галузевому 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:**

**[gryshenko.s@lotus.uz.gov.ua](mailto:gryshenko.s@lotus.uz.gov.ua); [ztu1520mm@gmail.com](mailto:ztu1520mm@gmail.com).**

УДК 004.424

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-49-54

*Кандидати техн. наук Гайденко О.С., Голуб Г.М.,  
Кульбовський І.І., Луцкай Ю.В.  
Інженер Титорчук Р.І.*

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА АЛГОРИТМІЧНІ ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЛОКОМОТИВНОЇ ТЯГИ**

SOFTWARE DESIGN AND ALGORITHMIC BASES OF DECISION-MAKING

AUTOMATION REGARDING THE LOCOMOTIVE TRACTION PASSENGER CARS

LOAD-BEARING STRUCTURES SERVICE LIFE EXTENSION

*Ключові слова:* продовження терміну експлуатації несучих конструкцій, технічне діагностування, пасажирські вагони, JavaScript, автоматизація, проектування програмного забезпечення.

### **Вступ**

Оновлення пасажирського парку вагонів локомотивної тяги АТ «Укрзалізниця», яке відбувалося в останні роки постачанням нових вагонів виробництва Крюківського вагонобудівного заводу, не забезпечило в повній мірі потреби міжрегіональних пасажирських перевезень. Переважна більшість парку пасажирських вагонів на сьогоднішній день є такими, що вичерпали термін експлуатації, призначений заводом-виробником [1]. Одним із напрямків вирішення проблеми старіння пасажирського парку, поряд із придбанням нових вагонів, залишається продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів за рахунок відновлення їх ресурсу під час проведення відповідного ремонту [2].

Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» («НДКТІ») АТ «Укрзалізниця» надає послуги з технічного діагностування пасажирських вагонів з метою продовження терміну їх експлуатації з оформленням відповідного технічного рішення як результату проведеної роботи. При цьому співробітники управління контролю технічного стану (УКТС) філії повинні керуватися низкою документів, що в сукупності точно регламентують роботу фахівців, не залишаючи місця для необ'єктивності. Насамперед, це Методика ЦЛ-0070 [3] і Положення з технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів локомотивної тяги [4]. Крім того слід брати до уваги розпорядження від 30.12.2022 № ЦЛ-14/617 щодо поточного ремонту та результати проведених філією «НДКТІ» випробувань несучих конструкцій вагону з метою визначення залишкового ресурсу, проведених в рамках науково-дослідних робіт. На даний час актуальними є наступні з них: «Дослідження залишкового ресурсу з метою продовження строку служби поштових та поштово-багажних вагонів», «Дослідження залишкового ресурсу з метою продовження строку служби службово-технічних вагонів та вагонів-лабораторій на базі пасажирських вагонів», «Дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації візків вагонів міжнародного сполучення габариту РЩ, розробка технічних рішень щодо продовження терміну служби», «Дослідження залишкового ресурсу кузовів пасажирських вагонів габариту РЩ з терміном експлуатації понад 41 рік», «Комплексне дослідження залишкового ресурсу та встановлення граничного терміну експлуатації візків пасажирських вагонів з терміном їх експлуатації понад 42 роки».

При задовільному технічному стані несучих конструкцій пасажирського вагона для продовження терміну його експлуатації призначається ремонт за фактичним технічним станом

або календарним строком пробігу вагону. Розосередження інформації в різних джерелах (на момент написання статті таких джерел нараховано вісім) та необхідність враховувати багато критеріїв, що стосуються можливості продовження терміну експлуатації вагону за віком і періодичності проведення технічного обслуговування та ремонту, що відрізняються для різних типів пасажирських вагонів, створює певні складнощі сприйняття інформації та займає час на ухвалення рішення щодо призначення необхідного виду ремонту.

Імовірним шляхом вирішення даної проблеми є розробка програмного забезпечення для автоматизації прийняття рішень.

### **Мета**

Розробити програмне забезпечення для автоматизації прийняття рішень щодо продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів локомотивної тяги. Розглянути проектні аспекти при розробці даної програми, опираючись на аналіз існуючих рішень конкретних завдань у програмуванні.

### **Основна частина**

Автоматизація як напрямок науково-технічного прогресу поряд зі стрімким розвитком мікропроцесорної техніки набула широкого застосування не лише на виробництві продукції матеріальної, а й інтелектуальної. Виникли окремі поняття, які зібрали навколо себе велику кількість досліджень та практичних реалізацій в окремих галузях господарства, як наприклад, системи автоматизованого проектування та розрахунку, автоматизовані робочі місця, системи підтримки та прийняття рішень. Усі вони вирішують завдання скорочення часу прийняття рішень, підвищення безпеки та продуктивності праці. Розробка програмного забезпечення, відповідно до поставленої мети, серед усіх переваг автоматизації передбачає наступні: скорочення часу прийняття рішень на призначення необхідного виду ремонту та зменшення негативного впливу людського фактору (недопущення помилок та впливу суб'єктивного досвіду).

Поставлена мета в частині імітації роботи людини-експерта не потребує застосування технологій штучного інтелекту, адже всі критерії, що впливають на ухвалення рішень строго формалізовані, що полегшує подальшу розробку, зводячи її до канонів методології структурного програмування. Застосувавши системний підхід до аналізу типів пасажирських вагонів (ПВ) АТ «Укрзалізниця», що потребують продовження терміну експлуатації та інформації, що регламентує цей процес, реалізацію проекту програмного забезпечення розбито на простіші завдання, основними з яких виділено: перевірку на можливість продовження терміну експлуатації вагону та розрахунок рекомендованого виду його ремонту або ТО-3.

Орієнтуючись на потенційних користувачів, задля забезпечення доступності на операційних системах Windows, Android та iOS у якості мови програмування обрано JavaScript, що дозволило написати кросплатформенний веб-додаток. У зв'язку з розбиттям програми розрахунку рекомендацій щодо продовження терміну експлуатації ПВ локомотивної тяги (далі програма) на низку простіших завдань, провівши аналіз літератури [5-8], для написання коду обрано функціональний стиль. Суть основного функціоналу програми полягає в обчисленні календарних строків, відштовхуючись від дати проведення технічного діагностування та враховуючи всі умови, прописані в нормативних документах. Оскільки, відповідно до Положення [4] календарні строки проведення ТО-3 для різних типів ПВ можуть бути шість місяців або дванадцять, що в першому випадку складає півроку, щоб уникнути проблеми «комп'ютерної неточності» [9] при обчислювальних операціях з дробовими числами, прийнято рішення за одиницю розрахунків узяти календарний місяць.

Проаналізувавши актуальні реалізації введення дати у веб-сторінках виявлено, що існують лише три поширені засоби. Насамперед, це використання стандартного для мови HTML елемента `<input>` типу «date» [10]. Недоліком такого рішення є неоднакова реалізація поля введення в різних браузерах та часткова чи, навіть, повна відсутність підтримки деякими з них. Альтернативним рішенням є використання jQuery фреймворку «Datepicker» [11]. Перевагою такого рішення є можливість абсолютної кастомізації та, завдяки цьому, збереження однакового вигляду у всіх браузерах. Ще одним рішенням введення дати є створення трьох селекторів, що дозволятимуть обирати дату, місяць та рік, відповідно. До недоліків двох останніх засобів можна віднести більшу громіздкість коду та при цьому меншу зручність їх використання для вибору

діапазону дат у кілька років і більше. Тому, зважаючи на необхідність працювати з повним життєвим циклом вагонів, для реалізації полів введення дати використано елементи мови HTML, попередньо визначивши підтримку всіма браузерами, що використовуються фахівцями УКТС.

Введені у відповідних полях дати найкраще зберігати та опрацьовувати в екземплярах вбудованого об'єкту «Date», проте елемент HTML `<input type = "date">` завжди має значення у форматі «уууу-мм-дд» [8], що має певну несумісність з об'єктом «Date» JavaScript. Як оптимальне рішення даної проблеми, знайдено метод `toLocaleString`, який зі значенням параметру локалізації «en-SA» забезпечує приведення дат до необхідного формату.

Для підрахунку різниці між двома об'єктами, що містять у собі дати в JavaScript, прийнято використовувати код наступного виду:

$$result = (date1.getTime() - date2.getTime())/1000/60/60/24. \quad (1)$$

Метод `getTime` повертає кількість мілісекунд, що пройшли з 1 січня 1970 00:00:00 за UTC [12] (ця дата прийнята за точку відліку для об'єкта «Date» у JavaScript). Без його використання операція віднімання двох об'єктів у якості результату повернула б значення «NaN». Подальші операції ділення у кінцевому результаті принесуть різницю, кратну кількості діб між датами.

Враховуючи, що за одиницю вимірювання для програми прийнято календарний місяць, типовий спосіб (1) пошуку різниці між датами використати неможливо, оскільки місяць може містити в собі різну кількість днів, що призведе до неточності розрахунку для деяких випадків та не дозволить строго формалізувати нормативні документи, на які спирається робота програми.

У якості рішення підрахунок різниці між датами в місяцях як базової обчислювальної операції в програмі реалізовано у вигляді функції `dateDiff`, яка може приймати три параметри  $fd$ ,  $y$  та  $to$ , де  $fd$  – дата, що виступить у ролі зменшуваного, а  $y$  – параметр, введений для формалізації поняття «включно», коли у Положенні [4] йде мова про термін, до якого дозволено продовжувати експлуатацію. Наприклад, «44 роки включно» формалізовано як 45 років без одного дня. У такому випадку  $y = 1$ .

За точку відліку для проведення всіх розрахунків взято дату проведення технічного діагностування ( $diagnosticDate$ ), що буде другим операндом, від'ємником в операції віднімання дат. Для характеристики різниці днів місяця введено локальну змінну  $diffDay$ , яка залежно від значення («1», «-1», або «0») означає 1 місяць, який потрібно відняти ( $diffDay = -1$ ) або додати ( $diffDay = 1$ ) в подальших обчисленнях та приймає значення, якщо місяць дати-зменшуваного  $mm_{fd}$  співпадає з місяцем дати діагностування  $mm_{diagnosticDate}$  за логікою, зображеною на рисунку 1.

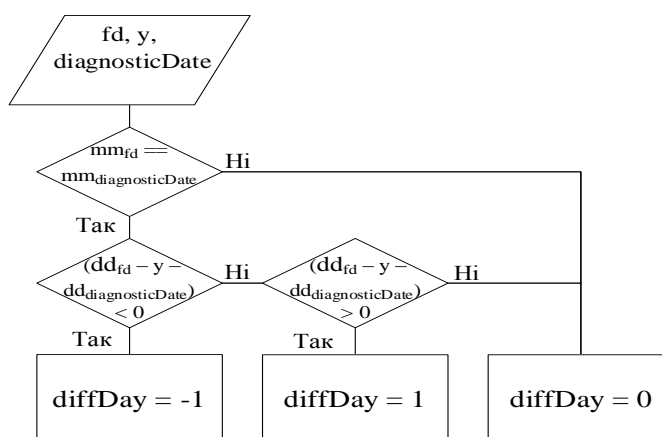


Рис. 1 – Алгоритм обчислення впливу числа місяця на різницю дат у програмі:  $dd_{fd}$  – число місяця дати-зменшуваного;  $dd_{diagnosticDate}$  – число дати діагностування

Якщо у функцію було передано параметр  $to$ , то значення  $mm_{fd}$  виключно в першій умові алгоритму (рис. 1) буде зменшене на «6», тобто зміщене на пів року, але без зміни значення

$mm_{fd}$  в наступних обчисленнях. Це необхідно для того, щоб алгоритм (рис. 1) запускався також і тоді, коли необхідно врахувати можливість проведення ТО-3, яке може бути призначено за умови, що до планового ремонту залишилося не менше як пів року.

Функція повертає різницю дат, визначену як:

$$(уууу_{fd} - уууу_{diagnosticDate}) * 12 + mm_{fd} - mm_{diagnosticDate} + diffDay, \quad (2)$$

де  $уууу_{fd}$  та  $уууу_{diagnosticDate}$  – роки дати-зменшуваної та дати діагностування.

На основі виразу (2) побудовані всі обчислення програми, в тому числі й функція, яка видає результати (призначає ремонт), залежно від формалізованих із нормативних документів правил, алгоритм роботи якої у загальному вигляді наведено на рисунку 2.

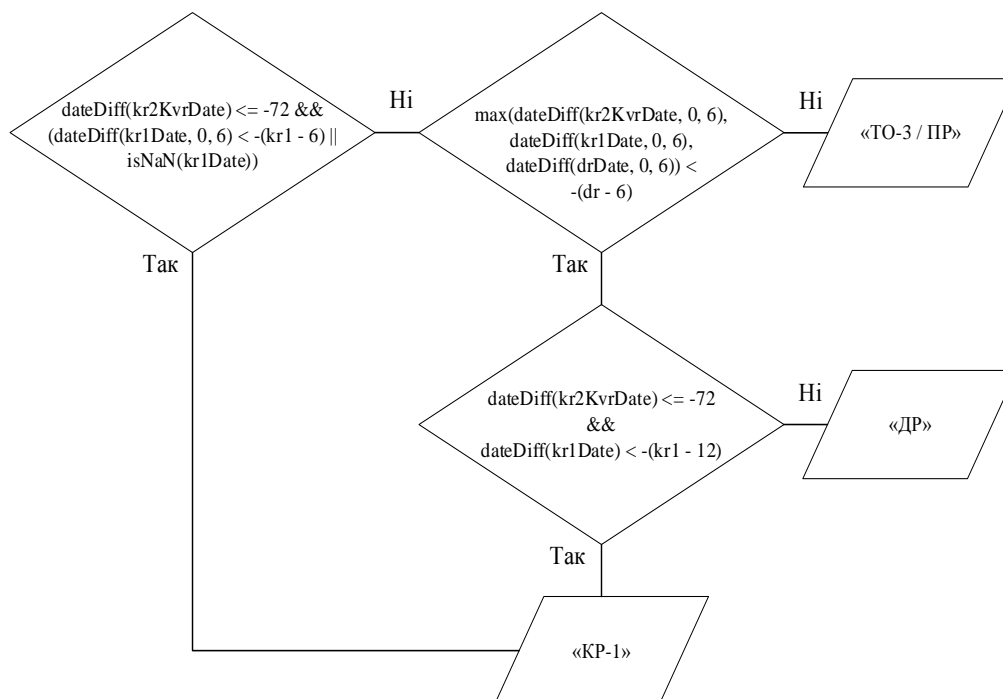


Рис. 2 – Алгоритм визначення виду ремонту:  
 $kr2KvrDate, kr1Date, drDate$  – дати останніх виконаних ремонтів;  
 $kr1, dr$  – календарні строки проведення ремонтів

Через те, що у формулі (2) від’ємником є дата діагностування, а зменшуваним при використанні функції для обчислень в алгоритмі (рис. 2) є дата одного з попередніх проведених ремонтів, яка в будь-якому випадку відбулася раніше, функція повертає від’ємне значення. Тому числа, що порівнюються з результатом (2) в алгоритмі (рис. 2) мають заздалегідь проставлений знак «-». Таким чином відбувається порівняння значень за модулем. Складна реалізація (2), пов’язана з тим, що функція  $dateDiff$  універсальна, та в якості параметра  $fd$  може приймати і більші за  $diagnosticDate$  значення.

Інтерфейс розробленої програми у пейзажному режимі зображено на рисунку 3.

Поля вибору типу та виробника ПВ (рис. 3) адаптовані до сенсорного керування (рухами в сторону). Для їх реалізації використано фреймворк “Swipe”, що розповсюджується на умовах ліцензії MIT. Для забезпечення максимізації автоматизації та разом із тим зменшення негативного впливу людського фактору реалізовано наступний функціонал користувацького інтерфейсу.

В якості дати діагностування встановлюється за замовчуванням поточна дата пристрою. Діапазон дат в календарях, доступних для вибору динамічно змінюється щоразу після вибору типу ПВ, його виробника та виконаного капітального ремонту, що унеможливорює введення недопустимих даних.

<	К, некупейні, МО, СВ	>	Дата діагностування: 24.09.2022
			КР-2 28.06.2003
			КР-1: 15.08.2019
			ДР: 25.08.2022
			Дата побудови: 21.06.1983

Розрахувати

Термін експлуатації допустимо продовжувати до 21.06.2024.  
 Рекомендований вид ремонту: **ТО-3**, або **ПР** - у випадку виявлення дефектів несучих конструкцій, які необхідно усунути. Якщо пробіг вагона перевищив 300 тис. км, або 500 тис. км - для вагонів, обладнаних деталями підвищеного ресурсу, слід призначити **ДР**.

Термін експлуатації несучих конструкцій візків 53р. (52 включно).

*Рис. 3 – Інтерфейс веб-додатку*

Для всіх моделей ПВ локомотивної тяги, що на даний момент підлягають продовженню терміну експлуатації, зазначений виробником термін експлуатації складає 28 років. Відповідно, дата побудови, при якій термін експлуатації на час проведення технічного діагностування буде менший, вважається недопустимою та є неактивною у програмі. При введенні дати побудови одразу виводиться рішення щодо можливості продовження терміну експлуатації ПВ, а також накладається обмеження на допустимі дати ремонтів так, щоб ремонт не міг бути виконаний раніше, за дату побудови вагона. При заповненні всіх полів веб-додатку рішення виводиться автоматично без натиску кнопки «Розрахувати».

Таким чином, розроблена програма дозволяє максимально швидко в умовах проведення технічного діагностування за допомогою смартфона визначити наявність підстав для продовження терміну експлуатації несучих конструкцій ПВ локомотивної тяги та вид ремонту, який необхідно призначити за календарним строком згідно Положення [4]. При цьому функціонал програми орієнтований на недопущення помилок її користувачами.

#### **Висновки**

Запропоновано альтернативний до загальноприйнятого алгоритм розрахунку різниць між датами у JavaScript. На його основі розроблено програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес ухвалення рішень у призначенні необхідного виду ремонту щодо продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів локомотивної тяги. Розглянуто проектні аспекти при розробці даної програми, підкріплені аналізом існуючих рішень конкретних завдань у програмуванні.

#### **Література**

1. Удосконалення методики технічного діагностування пасажирських вагонів / М. Радкевич, С. Сапронова, Н. Брайковська, В. Ткаченко // Транспортні системи і технології. – 2021. – №38. – С. 80-87. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-80-7>
2. Капітально-відновлювальний ремонт пасажирських вагонів локомотивної тяги як засіб забезпечення залізниць рейковим рухомим складом / Ю. В. Єжов, Ю. С. Павленко, О. І. Войтенко, В. С. Речкалов // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». – 2018. – № 17. – С. 51-61.
3. Методика технічного діагностування пасажирських вагонів, що виступили призначений термін, з метою його продовження: ЦЛ-0070. – Київ: Укрзалізниця, 2008. – 59 с.
4. Положення з технічного обслуговування та ремонту пасажирських вагонів локомотивної тяги. – Київ: Укрзалізниця, 2022. – 8 с.
5. Van Roy P. Concepts, techniques, and models of computer programming / Van Roy P., Haridi, S. – Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2004. – 936 p.
6. Abelson H. Structure and interpretation of computer programs / Abelson H., Sussman G. J. – Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 1996. – 688 p.
7. How to design programs: an introduction to programming and computing / Felleisen M., Findler R. B., Flatt M., Krishnamurthi S. – Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2018. – 981 p.

8. Rossi F. Handbook of constraint programming / Rossi F., Van Beek P., Walsh T. – Pisa, Italy: Elsevier, 2006. – 957 p.

9. Гайденко О. С. Дослідження проблеми «комп'ютерної неточності» в автоматизованих системах транспорту / О. С. Гайденко, Г. М. Голуб, О. В. Галан // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія «Транспортні системи і технології». – 2019. – Т. 2, № 33. – С. 196-201. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-33-2-9>

10. `<input type="date">` // MDN Web Docs. – September 14, 2022. – <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/Input/date>

11. DatePicker Widget. Version added: 1.0 // jQuery user interface. – <https://api.jqueryui.com/datepicker/>.

12. Date.prototype.getTime() // MDN Web Docs. – September 13, 2022. – [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global\\_Objects/Date/getTime](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Date/getTime).

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гайденко Олександр Сергійович,**  
к.т.н., викладач Київського  
електромеханічного фахового коледжу.  
Повітрофлотський проспект, 35,  
м. Київ, 03037, Україна.  
Тел.: +38 096 493 54 13.  
E-mail: [haidenko1520mm@gmail.com](mailto:haidenko1520mm@gmail.com).  
ORCID ID: 0000-0001-8308-3910.

**Кульбовський Іван Іванович,**  
к.т.н., доцент  
кафедри «АКІТТ» Київського інституту  
залізничного транспорту ДУІТ.  
Вул. Кирилівська, 9, м. Київ,  
04071, Україна.  
Тел.: +38 067 930 59 28.  
E-mail: [kulbovskiy@ukr.net](mailto:kulbovskiy@ukr.net).  
ORCID ID: 0000-0002-5329-3842.

**Луцай Юрій Володимирович,**  
к.т.н., доцент кафедри «Транспортного  
права та логістики» Національного  
транспортного університету.  
Вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м.  
Київ, 01010, Україна.  
Тел.: +38 097 933 85 55.  
E-mail: [ai9399@ukr.net](mailto:ai9399@ukr.net).  
ORCID ID: 0000-0002-7632-7400.

**Голуб Галина Михайлівна,**  
канд. техн. наук, доцент кафедри  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтег-  
ровані технології транспорту» (АКІТТ)  
Київського інституту залізничного  
транспорту Державного університету  
інфраструктури та технологій (ДУІТ).  
Вул. Кирилівська, 9,  
м. Київ, 04071, Україна.  
Тел.: +38 063 266 18 98.  
E-mail: [golub.galina@ukr.net](mailto:golub.galina@ukr.net).  
ORCID ID: 0000-0002-4028-1025.

**Титорчук Руслан Іванович,**  
начальник відділу контролю технічного  
стану пасажирських вагонів Управління  
контролю технічного стану Науково-  
впроваджувального центру філії  
«Науково-дослідний та конструкторсь-  
ко-технологічний інститут залізничного  
транспорту» АТ «Укрзалізниця».  
Вул. І. Федорова, 39,  
м. Київ, 03038, Україна.  
Тел.: +38 044 465 35 18.  
E-mail: [titorchuk1520mm@gmail.com](mailto:titorchuk1520mm@gmail.com).



**ДОПОВНЕННЯ**  
**ДО СТАТТІ ПРОКОПЕНКА П.М. І ФОМІНА О.В. У ВИПУСКУ ЖУРНАЛУ**  
**«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» № 3/2022**

До статті Прокопенка П.М. і Фоміна О.В. «Оцінка мобільними системами показників якості руху вагонів в умовах експлуатації», надрукованій у випуску журналу «Залізничний транспорт України» № 3/2022, авторами внесено у початок розділу «Матеріали і методи дослідження» наступне доповнення:

*«В Україні сучасними мобільними системами вимірювання показників стану залізничного рухомого складу в умовах експлуатації активно почали займатися у ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту» (ДНДЦ), починаючи з 2008 року. Співробітниками випробувальної лабораторії ДНДЦ було створено мобільну малогабаритну систему вимірювання й оцінки показників фізичного стану елементів конструкції залізничних транспортних засобів, на базі вимірювальних модулів платформи National Instruments CompactRIO (США), зі спроможністю використання у стаціонарних і поїздних умовах, без застосування вагонів-лабораторій. Склад цієї системи та напрямки її використання наведені у публікації співробітників ДНДЦ Дьоміна Р.Ю., Мостовича А.В. і Коломійця О.П. «Засоби інструментальної оцінки технічного стану рухомого складу» (журнал «Вагонний парк», 2012, № 12 (81), стор. 10-15) та у кандидатській дисертації Мостовича А.В. «Удосконалення методів і засобів експериментальної оцінки показників безпеки руху та плавності ходу залізничного рухомого складу» (Розділ 4. Мобільна система для визначення динамічної навантаженості ходових частин в умовах експлуатації рухомого складу, Київ, 2016 р.).*

*Результати досліджень, що викладені у цієї статті, отримано у Науково-дослідному та конструкторсько-технологічному інституті залізничного транспорту – філії АТ «Укрзалізниця», який є правонаступником ДНДЦ, і вони спрямовані на удосконалення методів експериментальної оцінки показників якості і безпеки руху вантажних вагонів та створених раніше інструментальних засобів вимірювань на базі пристроїв CompactRIO».*

**«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ»**  
**ПЕРЕДПЛАТА НА ВИДАННЯ**

Оформити передплату на галузевий науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» на I-е півріччя 2023 року, у тому числі в Off-line, можливо у кожному поштовому відділенні України за Каталогом видань України «Преса поштою» або на офіційному сайті ДП «Преса» [www.presa.ua](http://www.presa.ua).

Періодичність видання журналу – 4 рази на рік.

**Передплатний індекс: для індивідуальних передплатників – 74126,**

**для підприємств і організацій – 40294,**

**для отримувачів Off-line – 76958.**

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

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

**Електронна пошта: [gryshenko.s@lotus.uz.gov.ua](mailto:gryshenko.s@lotus.uz.gov.ua); [ztu1520mm@gmail.com](mailto:ztu1520mm@gmail.com).**

**Тел.: +38 (044) 309-68-93. Факс: +38 (044) 528-93-01.**



## **ОЛЕКСАНДР ПШІНЬКО – ВИДАТНИЙ РЕКТОР, ВЧЕНИЙ, ПЕДАГОГ**

На превеликий жаль, тяжка хвороба забрала з життя видатного керівника, заслуженого організатора освіти та науки, доктора технічних наук, професора, ректора університету, відомого залізничника – Пшінько Олександра Миколайовича, який майже все своє життя присвятив створенню сучасного залізничного університету європейського рівня.

Народився Олександр Миколайович 13 листопада 1948 року в селі Оленівка Магдалинівського району Дніпропетровської області. Закінчив середню школу, відслужив в лавах Збройних

Сил і поступив до Дніпропетровського інституту інженерів залізничного транспорту (ДІІТ, тепер – Український державний університет науки і технологій), якому й присвятив свій талант і вміння дослідника та керівника. Так склалося, що, після завершення навчання на механічному факультеті залізничного інституту за спеціальністю «Вагонобудування та вагонне господарство», він у 1973 році отримав диплом інженера-механіка шляхів сполучення, а розпочав роботу на кафедрі Будівельних матеріалів в науково-дослідній лабораторії. У подальшому також його фахове спрямування було пов'язане з рухомим складом залізниць і з будівництвом та розробкою сучасних будівельних технологій. Така енциклопедичність знань та професійний досвід доктора технічних наук, професора Олександра Миколайовича Пшінько, разом з науково-педагогічним колективом однодумців, дозволила створити один з провідних вітчизняних політехнічних університетів за напрямком залізничного транспорту, транспортного будівництва та транспортних технологій, який він незмінно очолював з 1997 року.

Олександр Миколайович багато зусиль витрачав на формування педагогічного та наукового колективу університету, проявляючи видатні здібності організатора науки і освіти, а також видатного педагога, який продовжував розвиток наукової школи Транспортного будівництва. Під його керівництвом створювалися не тільки творчі колективи з вирішення актуальних проблемних завдань, які стояли перед залізничною галуззю, а й формувалися педагогічні та наукові колективи кафедр та науково-дослідних лабораторій університету. Він є автором значної кількості наукових праць та методичних розробок, що стали базою для виховання багатьох поколінь викладачів, науковців та студентів.

З уходом ректора Пшінько О.М. пішла ціла епоха, що пов'язана з його іменем, епоха розвитку університету, епоха формування вищої освіти для залізничної галузі та епоха фундаментальних і прикладних наукових досліджень в галузі залізничного транспорту та транспортного будівництва.

За свою самовіддану працю та вагомий внесок в розвиток залізничної освіти та науки Олександр Миколайович нагороджений багатьма державними та галузевими нагородами. Він є Кавалером 3-х ступенів ордена «За заслуги». Серед багатьох нагород є й вища нагорода для залізничників - «Почесний залізничник». Також отримав звання Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки за розробки для залізничного транспорту.

Ім'я ректора, вченого та педагога Пшінько Олександра Миколайовича дійсно вписано золотими літерами в історію залізничного транспорту України.

*Від редколегії науково-практичного журналу  
«Залізничний транспорт України»,  
головний редактор журналу*

**Мямлін С.В.**

*директор філії «Центр діагностики  
залізничної інфраструктури» АТ «Укрзалізниця»,  
доктор технічних наук, професор,  
Заслужений діяч науки і техніки України,  
Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки*

## РЕФЕРАТИ

УДК 338.47:656

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-07-15

**Проблеми та тенденції ринку використання вантажних вагонів / Бакалінський О.В., Маліцький В.В. // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 4. – С. 7-15.**

У 2018 році АТ «Укрзалізниця» розпочала реалізацію послуг використання вантажних вагонів на ринкових умовах. За три останні роки попит на вагони товариства з боку клієнтів зменшився майже на третину. Загальне падіння обсягів навантаження у цей же період знизилось не суттєво. Щоб зрозуміти причини такого падіння, авторами проведено дослідження ключових проблемних моментів на ринку використання вантажних вагонів.

Аналіз показав, що на попит використання вантажних вагонів товариства впливають різні чинники. Сюди входять ціна послуги, обсяги перевезень, тип вантажних вагонів, їх стан, своєчасність реакції товариства на вимоги ринку. Найбільш конкурентними є вантажні вагони для транспортування масових вантажів (зерновози, напіввагони, цистерни, мінераловози). Такі вагони активно нарощують приватні власники, що є головними конкурентами АТ «Укрзалізниця» на цьому ринку.

За підсумками дослідження було сформовано ключові тенденції ринку використання вантажних вагонів, виділені загрози, що впливають на цей ринок послуг. Запропоновані шляхи, які, на думку авторів дослідження, допоможуть АТ «Укрзалізниця» підвищити рівень привабливості до своїх вантажних вагонів.

**Ключові слова:** вантажні залізничні перевезення, ціноутворення, попит використання вантажних вагонів, конкуренція на ринку використання вантажних вагонів.

УДК 629.4.02

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-16-26

**Удосконалення конструкції вхідних дверей пасажирських вагонів / Штястняк П., Герліці Ю., Ракар М., Кравченко К. // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 4. – С. 16-26.**

У статті розглянуто конструктивне рішення, що забезпечує швидку та безпечну посадку та висадку пасажирів з вагонів на платформах залізничних станцій висотою від 150 до 550 мм над головою рейки. Дане конструктивне рішення ґрунтується на вимогах адміністраторів залізничної інфраструктури, перевізників, а також виробників пасажирського рухомого складу, метою якого є скорочення часу необхідного для посадки та висадки пасажирів у залізничний

транспортний засіб та часу знаходження поїзда на станції, що дозволяє збільшити загальну швидкість руху пасажирського залізничного транспорту. Цей пристрій концептуально розроблено для нового двоповерхового залізничного вагона, який використовуватиметься для приміських та регіональних перевезень пасажирів. Розроблене рішення відповідає чинним законодавчим та нормативним вимогам, що висуваються до обраної галузі вагонобудування, і після проведення низки випробувань має високий потенціал для впровадження в реальну експлуатацію. Складові частини конструкції перевірені за допомогою серії аналізів моделювання. До цієї статті також включено дослідження, присвячене оптимізації зони посадки з урахуванням проектних змін конструкції підлоги та проекту зміни вертикального зазору зони входу на посадку в конструкції транспортного засобу.

**Ключові слова:** двоповерховий залізничний вагон, система посадки, перони вокзалів, імітаційне моделювання.

УДК 625.032.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-27-38

**Зменшення зносу пари «колесо-рейка» шляхом удосконалення технології лубрикації / Мямлін С.В., Макаров Ю.О., Залеський Р.Ю. // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 4. – С. 27-38.**

В статті наведено результати аналізу експлуатаційних показників різних конструкцій рейко- та гребнезмашувачів, які експлуатуються на залізницях АТ «Укрзалізниця» та запропоновані раціональні сфери використання різних типів нанесення лубрикації в залежності від експлуатаційних умов.

**Ключові слова:** знос пари «колесо-рейка», пересувні та стаціонарні рейкозмашувачі, технологія лубрикації.

УДК 625.03

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-39-48

**Якісна оцінка стану рейкової колії при взаємодії з рухомим складом / Твердомед В.М. // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 4. – С. 39-48.**

Взаємодія рухомого екіпажу та рейкової колії призводить до порушення геометричних параметрів рейкової колії. Геометрія залізничної колії є ключовим критерієм комфорту їзди пасажирів та забезпечення безпеки руху поїздів із встановленими швидкостями руху. З метою кількісної оцінки нерівностей залізничної колії на залізницях країн світу розроблені індекси якості

залізничної колії. Такі індекси поєднують вимірювання декількох або всіх геометричних параметрів рейкової колії, які вимірює колісвимірювальний засіб. Глибокий аналіз окремих геометричних параметрів залізничної колії дозволяє на початковому етапі виявити появу небезпечних дефектів та запланувати проведення необхідних ремонтних робіт. Цілісне уявлення про якість залізничної колії особливо корисно для хронології оцінки частини або всієї залізничної колії. Таким чином, встановлення надійного індексу якості залізничної колії є заздалегідь визначним кроком при проведенні діагностики колії та для прийняття рішень при стратегічному розподілі ресурсів. Для детального планування технічного обслуговування залізничної колії необхідний додатковий аналіз окремих геометричних параметрів тобто індексів якості індивідуальних геометричних параметрів.

З наведеної методики оцінки стану залізничної колії Залізниць України, видно що при різних геометричних відхиленнях геометричних розмірів рейкової колії нараховується однакова кількість балів. Така методика оцінки стану рейкової колії та кожного окремого геометричного параметра не надає представнику інфраструктури інформацію про геометричний стан рейкової колії та ускладнює прийняття рішення про розподіл ресурсів чи проведення ремонтно-коліїних робіт.

**Ключові слова:** рухомий склад, залізнична колія, ширина колії, поздовжній рівень, поперечний рівень, перекид, індекс якості колії.

УДК 004.424

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-49-54

**Проектування програмного забезпечення та алгоритмічні основи автоматизації прийняття**

**рішень щодо продовження терміну експлуатації несучих конструкцій пасажирських вагонів локомотивної тяги / Гайденко О.С., Голуб Г.М., Кульбовський І.І., Луцшай Ю.В., Титорчук Р.І. // Залізничний транспорт України. – 2022. – № 4. – С. 49-54.**

У статті розглянуто проектні аспекти при розробці кросплатформної програми у вигляді веб-застосунку для автоматизації прийняття рішень у призначенні необхідного виду ремонту щодо продовження терміну експлуатації несучих конструкцій пасажирських вагонів локомотивної тяги. Так як інформація розосереджена в різних джерелах, необхідність враховувати багато критеріїв щодо можливості продовження терміну експлуатації різних типів пасажирських вагонів, створює певні складнощі сприйняття інформації та займає час на ухвалення рішення про призначення необхідного виду ремонту. Проведено аналіз доступних реалізацій введення дати у веб-сторінках. Запропоновано альтернативний до загальноприйнятого алгоритм розрахунку різниць між датами у JavaScript. На його основі розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє максимально швидко в умовах проведення технічного діагностування за допомогою смартфона визначити наявність підстав для продовження терміну експлуатації несучих конструкцій пасажирських вагонів локомотивної тяги та розрахувати вид ремонту, який необхідно призначити за календарним строком.

**Ключові слова:** продовження терміну експлуатації несучих конструкцій, технічне діагностування, пасажирські вагони, JavaScript, автоматизація, проектування програмного забезпечення.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 338.47:656

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-07-15

**Проблемы и тенденции рынка использования грузовых вагонов / Бакалинский А.В., Малицкий В.В. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2022. – № 4. – С. 7-15.**

В 2018 году АО «Укрзалізниця» приступило к реализации услуг использования грузовых вагонов на рыночных условиях. За три последних года спрос на вагоны общества со стороны клиентов уменьшился почти на треть. Общее падение объемов погрузки в этот же период снизилось незначительно. Чтобы понять причины такого падения, авторы провели исследование ключевых проблемных моментов на рынке использования грузовых вагонов.

Анализ показал, что на спрос использования грузовых вагонов общества влияют различные факторы. Сюда входят стоимость услуги, размеры перевозок, тип грузовых вагонов, их состояние, своевременность реакции общества на требования рынка. Наиболее конкурентными являются грузовые вагоны для транспортировки массовых грузов (зерновозы, полувагоны, цистерны, минераловозы). Такие вагоны активно наращивают частные владельцы, являющиеся главными конкурентами АО «Укрзалізниця» на этом рынке.

По итогам исследования были сформированы ключевые тенденции рынка использования грузовых вагонов, выделены угрозы, влияющие на этот рынок услуг. Предложены пути, которые, по мнению авторов исследования, помогут АО «Укрзалізниця» повысить уровень привлекательности своих грузовых вагонов.

**Ключевые слова:** *грузовые железнодорожные перевозки, ценообразование, спрос на использование грузовых вагонов, конкуренция на рынке использования грузовых вагонов.*

УДК 629.4.02

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-16-26

**Совершенствование конструкции входных дверей пассажирских вагонов / Штягняк П., Герлицы Ю., Ракар М., Кравченко Е. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2022. – № 4. – С. 16-26.**

В статье рассмотрено конструктивное решение, обеспечивающее быструю и безопасную посадку и высадку пассажиров из вагонов на платформах железнодорожных станций высотой от 150 до 550 мм над головкой рельса. Данное конструктивное решение основано на требованиях администраторов железнодорожной инфраструктуры, перевозчиков, а также производителей пассажирского подвижного состава, целью которого является сокращение времени, необходимого для посадки и высадки пассажиров в железнодорожное транспортное средство и времени нахождения поезда на станции, что позволяет повысить общую скорость движения пассажирского железнодорожного транспорта. Это устройство концептуально разработано для нового двухэтажного железнодорожного вагона, который будет использоваться для пригородных и региональных перевозок пассажиров. Разработанное решение соответствует действующим законодательным и нормативным требованиям, предъявляемым к выбранной области вагоностроения, и после проведения ряда испытаний имеет высокий потенциал для внедрения в реальную эксплуатацию. Составные части конструкции были проверены с помощью серии анализов моделирования. В данную статью также включено исследование, посвященное оптимизации зоны посадки с учётом проектных изменений конструкции пола и проекта изменения вертикального зазора зоны входа на посадку в конструкции транспортного средства.

**Ключевые слова:** *двухэтажный железнодорожный вагон, система посадки, перроны вокзалов, имитационное моделирование.*

УДК 625.032.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-27-38

**Уменьшение износа пара «колесо-рейка» путем усовершенствования технологии смазки / Мямлин С.В., Макаров Ю.А., Залеский Р.Ю. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2022. – № 4. – С. 27-38.**

В статье приведены результаты анализа эксплуатационных показателей различных конструкций рельсо- и гребнесмазывателей, которые эксплуатируются на железных дорогах

АО «Укрзалізниця» и предложены рациональные сферы использования различных типов нанесения смазки в зависимости от эксплуатационных условий.

**Ключевые слова:** *износ пары «колесо-рельс», передвижные и стационарные рельсо-смазыватели, технология смазки.*

УДК 625.03

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-39-48

**Качественная оценка состояния рельсового пути при взаимодействии с подвижным составом / Твердомед В.Н. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2022. – № 4. – С. 39-48.**

Взаимодействие подвижного состава и рельсового пути приводит к нарушению геометрических параметров рельсового пути. Геометрия железнодорожного пути является ключевым критерием комфорта езды пассажиров и обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями движения. С целью количественной оценки неровностей железнодорожного пути на железных дорогах мира разработаны индексы качества железнодорожного пути. Такие индексы совмещают измерение нескольких или всех геометрических параметров рельсового пути, которые измеряют путеизмерительное средство. Глубокий анализ отдельных геометрических параметров железнодорожного пути позволяет на начальном этапе выявить опасные дефекты и запланировать проведение необходимых ремонтных работ. Целостное представление о качестве железнодорожного пути особенно полезно для хронологии оценки части или всего железнодорожного пути. Таким образом, установка надёжного индекса качества железнодорожного пути является заранее определяющим шагом при проведении диагностики пути и принятия решений при стратегическом распределении ресурсов. Для детального планирования технического обслуживания железнодорожного пути необходим дополнительный анализ отдельных геометрических параметров, то есть индексов качества индивидуальных геометрических параметров.

Из приведенной методики оценки состояния железнодорожного пути железных дорог Украины видно, что при различных геометрических отклонениях геометрических размеров рельсового пути насчитывается одинаковое количество баллов. Такая методика оценки состояния рельсового пути и каждого отдельного геометрического параметра не предоставляет представителю инфраструктуры информацию о геометрическом состоянии рельсового пути и усложняет принятие решения о распределении ресурсов или проведении ремонтно-путевых работ.

**Ключевые слова:** подвижной состав, железнодорожный путь, ширина пути, продольный уровень, поперечный уровень, перекоп, индекс качества пути.

УДК 004.424

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-49-54

**Проектирование программного обеспечения и алгоритмические основы автоматизации принятия решений по продлению срока эксплуатации несущих конструкций пассажирских вагонов локомотивной тяги / Гайденко О.С., Голуб Г.М., Кульбовський І.І., Луцшай Ю.В., Титорчук Р.І. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2022. – № 4. – С. 49-54.**

В статье рассмотрены проектные аспекты при разработке кроссплатформенной программы в виде веб-приложения для автоматизации принятия решений по назначению необходимого вида ремонта с целью продления срока эксплуатации несущих конструкций пассажирских вагонов локомотивной тяги. Так как рассредоточение по разным источникам информации о возможности продления срока эксплуатации по возрасту и периодичности проведения технического

обслуживания и ремонта (на момент написания статьи таких источников насчитывалось восемь) и необходимостью учитывать большое количество критериев, отличающихся для разных типов пассажирских вагонов, создает определенные сложности восприятия информации и занимает время для принятия решения о назначении необходимого вида ремонта. Проведен анализ доступных реализаций ввода даты в веб-страницах. Предложен альтернативный к общепринятому алгоритму расчета разниц между датами в JavaScript. На его основе разработано программное обеспечение, позволяющее максимально быстро в условиях проведения технического диагностирования с помощью смартфона определить наличие оснований для продления срока эксплуатации несущих конструкций пассажирских вагонов локомотивной тяги и рассчитать вид ремонта, который необходимо назначить по календарному сроку.

**Ключевые слова:** продление срока эксплуатации несущих конструкций, техническое диагностирование, пассажирские вагоны, JavaScript, автоматизация, проектирование программного обеспечения.

## ABSTRACTS

UDC 338.47:656

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-07-15

**Problems and trends of the market for the use of freight cars / A. Bakalinsky, V. Malitskiy // Railway transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 7-15 .**

In 2018, JSC “Ukrainian railways” started the implementation of services for the use of freight cars on market terms. Over the past three years, the demand for the company's wagons from customers has decreased by almost a third. The overall drop in the volume of load in the same period did not decrease significantly. In order to understand the reasons for this decline, the authors conducted a study of the key problematic points in the market for the use of freight cars.

The analysis showed that the demand for the use of the company's freight cars is influenced by various factors. This includes the price of the service, the volume of transportation, the type of freight cars, their condition, and the timeliness of the company's response to market requirements. The most competitive are cargo wagons for transporting bulk cargo (grain trucks, semi-wagons, tanks, mineral trucks). Private owners who are the main competitors of JSC «Ukrainian railways» in this market are actively building such cars.

Based on the results of the research, the key trends of the market for the use of freight cars were formed, threats affecting this service market were highlighted. The proposed ways, which, according to the authors of the study, will help JSC «Ukrainian railways» to increase the level of attractiveness of its freight cars.

**Keywords:** freight railway transportation, pricing, demand for the use of freight cars, competition in the market for the use of freight cars.

### References

1. Bakalinsky O.V., Malitskiy V.V. (2020). Onovlennia kompleksu pryntsyviv tsinoutvorennia yak naslidok derehuliatcii tsin korystuvannia vantazhnyhmy zaliznychnymy vahonamy [Update of the complex of pricing principles as a consequence of deregulation of prices for use of freight railway cars]. *Review of transport economics and management*, 4 (20), 115-122. <https://doi.org/10.15802/rtem2020/212796> [in Ukrainian].

2. Lasserre F., Huang L., Mottet É. (2020). The Emergence of Trans-Asian Rail Freight Traffic as Part of the Belt and Road Initiative: Development and Limits. *China Perspectives*, 2, 43-52. <https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.10162> [in English].

3. Dvulit Z., Melnyk O., Danyliuk I. A. (2020). Vplyv COVID-19 na rynek vantazhnykh

zaliznychnykh perevezen [Impact of COVID-19 on Rail Freight Market]. *Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and problems of development*, 2 (2), 169-180. doi: 10.23939/smeu2020.02.169 [in Ukrainian].

4. Novak V., Kyrylenko O., Razumova K., Ihgnatiuk V. (2022). Orhanizatsiia mizhnarodnykh perevezen vantazhiv osnovnymy vydamy transportu (ohliad) [Organization of international cargo transportation by main types of transport (review)]. *Science-Based Technologies*, 1 (53), 70-76. doi: 10.18372/2310-5461.53.16510 [in Ukrainian].

5. Stasiuk O., Chmyrova L., Fediai N. (2020). Rynky vantazhnykh ta pasazhyrskykh perevezen v Ukraini: problemy ta tendentsii [The markets of freight and passenger transport in Ukraine: problems and trends]. *Efektivna ekonomika*, 9. doi: 10.32702/2307-2105-2020.9.54. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8199> [in Ukrainian].

6. Shramenko N., Shramenko V., Solarov O. (2021). Analysis of the freight transportation market of Ukraine. *Advances in mechanical engineering and transport*, 1 (16), 30-35. doi: 10.36910/automash.v1i16.505 [in English].

7. Maiak M., Prohni P., Matviyishyn A., Popovych P., Shevchuk O., Ostroverkhov V., Kotsur A., Romanyshyn O. (2020). Osoblyvosti rozvytku rynku vantazhnykh i pasazhyrskykh perevezen [Features of the development of the market of cargo and passenger transportation]. *Advances in mechanical engineering and transport*, 2 (15), 64-71. doi: 10.36910/automash.v2i15.393 [in Ukrainian].

8. Strelko O., Berdnychenko Y., Kovalskyi I., Vozniuk V. (2020). Analiz rozvytku konteinernykh perevezen zaliznychnym transportom v Ukraini [Analysis of the container transportations by railway in Ukraine]. *Scientific Works of VNTU*, 2. <https://doi.org/10.31649/2307-5392-2020-2-38-43> [in Ukrainian].

9. Kernychnyi B., Radynskyy S. (2021). Analiz suchasnoho stanu ta tendentsii rozvytku transportno-lohistychnoho obsluhovuvannia vitchyznianskykh promyslovykh pidpriemstv [Analysis of the current state and trends of the development of transport and logistical service of domestic industrial enterprises]. *Galician economic journal*, 69 (2), 83-94. [https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk\\_tntu2021.02](https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2021.02) [in Ukrainian].

10. JSC «Ukrainian railways» (n.d.). Chastka vykorystannya ta vidsotok utylizatsiyi vlasnykh vahoniv Pereviznyka AT «Ukrzaliznytsya» [Share of use and percentage of utilization of own wagons of Carrier JSC «Ukrainian railways»]. Access mode [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/stavky/share/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/share/) [in Ukrainian].

11. Kulak O. (2022). BRDO: Riven znosu parku vahoniv vlasnosti AT «UZ» krytychnyi [BRDO: The

level of wear and tear of the fleet of wagons owned by JSC "UZ" is critical]. Ukraine Rail Monitoring. Retrieved from <https://urm.media/26549-2/> [in Ukrainian].

12. JSC «Ukrainian railways» (n.d.). Poryadok vyznachennya ta perehlyadu stavok platy za vykorystannya vlasnykh vahoniv pereviznyka AT «Ukrzaliznytsya» v protsesi nadannya posluh z perevezennya vantazhiv [The procedure for determining and revising payment rates for the use of Ukrzaliznytsia JSC's own wagons in the process of providing cargo transportation services]. Access mode [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/tariff\\_conditions/stavky/order5/Request](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/order5/Request) date 09/29/2022. [in Ukrainian].

13. Ministry of Infrastructure of Ukraine (March 5, 2021). Analiz rehulyatornoho vplyvu do proektu nakazu Ministerstva infrastruktury Ukrayiny «Pro zatverdzhennya Poryadku vstanovlennya zaborony ekspluatatsiyi vantazhnykh vahoniv na zaliznychnomu transporti» [Analysis of the regulatory impact on the draft order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine «On approval of the Procedure for establishing a ban on the operation of freight cars on railway transport»]. Access mode: <https://mtu.gov.ua/news/32666.html> [in Ukrainian].

14. Bakalinskyi O.V., Malitskyi V.V. (2022). Udoskonalennia tsinoutvorennia pry vstanovlenni tsiny na posluhy z vykorystannia vantazhnykh vahoniv AT «Ukrzaliznytsia» [Improvement of pricing when setting the price for services for the use of freight cars of JSC «Ukrainian railways»]. *Railway transport of Ukraine*, 2 (143), 51-57 [in Ukrainian].

UDC 629.4.02

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-16-26

**Improving the design of passenger wagon entrance doors / P. Štastniak, J. Gerlici, M. Rakár, K. Kravchenko // Railway Transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 16-26.**

This paper deals with a design solution that allows fast and safe boarding and leaving of passengers at railway station platforms from 150 mm to 550 mm higher than the head of the rail. This design solution is based on the requirements of railway infrastructure administrators, transporters and also manufacturers of passenger rolling stock, which the aim is to reduce the time required for boarding and leaving of passengers to the railway vehicle, to reduce the time of the train in the station and thus increase the overall transport speed. This device is conceptually designed for the new double deck railway vehicle, which will be used for suburban and regional transport. The designed solution meets the current legislative and normative requirements, which are specified for the selected area of vehicle construction and after performing a

series of tests, it has a high potential for putting it into real operation. Selected parts of the device (a mechanism) ensuring the tilting of the lower step were verified by a series of simulation calculations. Based on the FEM results the maximum calculated value of stress for 1st load conditions is 110 MPa, 2nd is 344 MPa, 3-nd is 350 MPa. The most stressed parts of the structure are the bracket with the pin and the upper part of the arm in the area of the hole for locking in the end position. The largest value of displacement is located in the middle part of the lower step frame. Stress values proposed construction for 1st, 2nd, and 3rd load conditions below the yield stress of the material used ( $R_e = 355$  MPa). The designed device meets the current requirements of European legislation and after the optimization of selected structural elements, the prototype can be built and tested. This article also includes a study, that deals with the optimization of the boarding area considering designed changes in the construction of the floor and a draft for modification of the vertical clearance of the boarding entrance area in the rough construction of the vehicle.

**Keywords:** double-deck railway vehicle, boarding system, railway station platforms, simulation analyses.

#### References

1. Sertler P. (2013). How parameters of infrastructure affect design of rolling stock for passenger transport. In *Proc. 21st International Conference on Current Problems in Rail Vehicles*, pp. 77-84. [in English].
2. Dižo J., Blatnický M., Gerlici J., Leitner B., Melnik R., Semenov S., Mikhailov E., Kostrzewski M. (2021). Evaluation of ride comfort in a railway passenger car depending on a change of suspension parameters. *Sensors*, 21 (23). DOI: 10.3390/s21238138 [in English].
3. Chudzikiewicz A., Krzyszkowski A., Stelmach A. (2021). Asymmetric threats in terms of safety of railway systems. *Transport Problems*, 16 (3), 131-140. DOI: 10.21307/TP-2021-047 [in English].
4. European Union Agency for Railways (2014). Commission regulation (EU) No 1300/2014 on the technical specifications for interoperability relating to accessibility of the Union's rail system for persons with disabilities and persons with reduced mobility. *Official Journal of the European Union*. [in English].
5. Kundrata M., Tizek J. (2019). Double-deck push-pull trainsets Skoda. In *Proc. 24th International Conference on Current Problems in Rail Vehicles*, pp. 389-398. [in English].
6. Blatnický M., Dižo J., Sága M., Gerlici J., Kuba E. (2020). Design of a mechanical part of an automated platform for oblique manipulation. *Applied*

*Sciences*, 10 (23), 1-24. DOI: 10.3390/app10238467 [in English].

7. Kurčík P., Blatnický M., Dižo J., Pavlík A., Harušinec J. (2019). Design of a technical solution for a metro door system. *Transportation Research Procedia*, 40, 767-773. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.108 [in English].

8. Railway applications - Bodyside entrance systems for rolling stock (2022). STN EN 14752+A1:2022. [in English].

9. Poppeová V., Bulej V., Zahoranský R., Uriček J. (2013). Parallel mechanism and its application in design of machine tool with numerical control. *Applied Mechanics and Materials*, 282, 74-79. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.282.74 [in English].

10. Fomin O., Gerlici J., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. (2022). Determination of Vertical Accelerations in a Symmetrically Loaded Flat Car with Longitudinal Elastic-Frictional Beams. *Symmetry*, 14 (3). DOI: 10.3390/sym14030583 [in English].

11. Fomin O., Gorbunov M., Gerlici J., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. (2021). Research into the strength of an open wagon with double sidewalls filled with aluminium foam. *Materials*, 14 (12). DOI: 10.3390/ma14123420 [in English].

12. Koziak S., Chudzikiewicz A., Opala M., Melnik R. (2019). Virtual software testing and certification of railway vehicle from the point of view of their dynamics. *Transportation Research Procedia*, 40, 729-736. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.103 [in English].

13. Kukulski J., Jacyna M., Golebiowski P. (2019). Finite Element Method in Assessing Strength Properties of a Railway Surface and Its Elements. *Symmetry*, 11 (8), 1014. DOI: 10.3390/sym11081014 [in English].

UDC 625.032.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-27-38

**Reduction of side wear of rails and wheel parts of the wheel pairs due to different types of lubrication / S. Myamlin, Yu. Makarov, R. Zaleskiy // Railway Transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 27-38.**

The article presents the results of the analysis of performance indicators of various designs of rail and flange lubricators that are operated on the railways of JSC "Ukrzaliznytsia" and suggests rational areas for the use of various types of lubrication, depending on operating conditions.

**Keywords:** wear of the wheel-rail pair, mobile and stationary rail lubricators, lubrication technology.

#### References



1. Lyashenko Ya. A. (2011). Tribologicheskie svoystva rezhimov suhogo, zhidkostnogo i granichnogo treniya [Tribological properties of dry, liquid and boundary friction regimes]. *Technical Physics*, 81 (5), 115-121 [in Russian].

2. Govorukha V. V., Makarov Yu. A. (2017). Issledovaniya bokovogo iznosa relsov pri mehanicheskom vzaimodeystvii puti i koles hodovoy chasti vagonov na krivolineynykh uchastkakh puti [Research of the rail lateral wear at their mechanical interaction with wheels of the wagon running gear in the curvilinear track sections]. *Geo-Technical Mechanics*, 134, 125-140 [in Russian].

3. Blohin E. P., Myamlin S. V., Sergienko N. I. (2011). Povyshennyi iznos koles i relsov – vazhneyshaya problema transporta [Increased wear of wheels and rails is the most important problem of transport]. *Railway Transport of Ukraine*, 1, 10-14 [in Russian].

4. Myamlin S. V. (2020). Sovershenstvovanie sistem lubrikatsii na zheleznodorozhnom transporte [Improving of the railway lubrication systems]. *Railway Transport of Ukraine*, 1, 19-24 [in Russian].

5. Afanasov A. M. (1999). Avtomatizatsiya upravleniya sistemoy smazyvaniya grebney koles lokomotivov [Automation of the control of the locomotive wheel flange lubrication system]. *PhD thesis*. Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine [in Russian].

6. Makarov Yu.O., Zaleskiy R.Yu. (2018). Reikozmashchuvachi (lubrykatory) [Rail-lubrication devices (lubricators)]. Technical report. Dnipro: VP «Koliieobstezhuvalna stantsiia PS-1» filii «TsDZI» AT «Ukrzaliznytsia» [in Ukrainian].

7. Odesa Track Repair and Mechanical Plant. (2001). Reikozmashchuvach koliinyi: proekt 1901.000.SB [Track rail lubricator: project 1901.000.SB]. Technical description and Maintenance Manual [in Ukrainian].

8. Makarov Yu.O., Zaleskiy R.Yu. (2019). Efektyvnist roboty lubrykatoriv. Analiz roboty isnuiuchykh reiko- ta hrebnezmashchuvachiv [Efficiency of lubricators. Analysis of the operation of existing rail and comb lubricators]. *Technical report*. Dnipro: VP «Koliieobstezhuvalna stantsiia PS-1» filii «TsDZI» AT «Ukrzaliznytsia» [in Ukrainian].

9. Whitmore. (2017). LubriCurve 50 & EasiPump. Mehanicheskaya sistema putevoy lubrikatsii relsov, ostryakov i grebney koles [LubriCurve 50 & EasiPump. The mechanical system of track lubrication of rails, spurs and wheel flanges]. Maintenance Manual [in Russian].

10. Demchenko S., Makarov Yu., Taturevich A. (2020). Problemy zastosuvannia statsionarnykh reikozmashchuvachnykh prystroiv na zaliznytsiakh AT «Ukrzaliznytsia» [Problems of the use of stationary rail-lubrication devices on the railways of JSC

"Ukrzaliznytsia"]. *Railway Transport of Ukraine*, 1, 25-34 [in Ukrainian].

11. Reiky zvychaini dlia zaliznyts shyrokoii kolii. Zahalni tekhnichni umovy [Normal rails for full-gauge railway. General specifications]. (2005). DSTU 4344:2004 from 01 October 2005. Kyiv: Ukrainian Research Institute of Metals "UkrNDIMet" [in Ukrainian].

UDC 625.03

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-39-48

**Qualitative assessment of rail track condition in interaction with rolling stock / V. Tverdoded // Railway transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 39-48.**

The interaction of the moving crew and the rail track leads to a violation of the geometric parameters of the rail track. The geometry of the railway track is a key criterion for the comfort of passengers and ensuring the safety of trains at set speeds. In order to quantitatively assess the unevenness of the railway track on the railways of the countries of the world, indices of the quality of the railway track have been developed. Such indices combine measurements of several or all geometrical parameters of the rail track measured by the track measuring device. A deep analysis of individual geometrical parameters of the railway track makes it possible to detect the appearance of dangerous defects at the initial stage and to plan the necessary repair works. A holistic view of the quality of a railway track is particularly useful for the evaluation chronology of part or all of a railway track. Thus, establishing a reliable quality index of a railway track is a pre-determined step in track diagnostics and decision-making in the strategic allocation of resources. Additional analysis of individual geometric parameters, i.e. quality indices of individual geometric parameters, is necessary for detailed planning of railway track maintenance.

From the given methodology for assessing the condition of the railway track of the Railways of Ukraine, it can be seen that the same number of points are awarded for different geometric deviations of the geometric dimensions of the rail track. This method of assessing the condition of the rail track and each individual geometric parameter does not provide the infrastructure representative with information about the geometric condition of the rail track and makes it difficult to make a decision on the allocation of resources or the implementation of track repair works.

Taking into account the experience of the railways of the countries of the world, it is necessary to plan the development of the track quality index for the Ukrainian railway, taking into

account the operating conditions and the features of the current track maintenance.

When developing a new track quality index, it is necessary to take into account the experience of the world's railways, namely:

- the index should describe the general geometric quality of the railway track, which includes both peak values and dispersion of individual geometric measurements;

- the index should be based on physical and objective principles, avoiding subjective weighting factors;

- the index should provide a combination of all the main parameters of the track geometry;

- the index should be universally applicable for different types of tracks, variable linear speeds and different nominal tracks;

- the index should be easy to understand and implement.

**Keywords:** rolling stock, railway track, track width, longitudinal level, transverse level, skew, track quality index.

#### Reference

1. Karpov M.I., Voznenko A.D., Molchanov V.M., Tverdomed V.M. (2011). *Kompleksna mashynizatsiia koliinykh robot: navch. posibnyk [Complex mechanization of track works: training manual]*. Kyiv: State Economic and Technological University of Transport. [in Ukrainian].

2. Sadeghi J. (2010). Development of Railway Track Geometry Indexes Based on Statistical Distribution of Geometry Data. *Journal of Transportation Engineering*, 136 (8), 693-700. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2010\)136:8\(693\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2010)136:8(693)) [in English].

3. El-Sibaie M., Zhang Y.-J. (2004). Objective Track Quality Indices. *Transportation Research Record*, 1863 (1), 81-87. <https://doi.org/10.3141/1863-11> [in English].

4. Railway Applications – Track – Track Geometry Quality – Part 6 : Characterisation of Track Geometry Quality. (2014). EN 13848-6:2014. Vienna: Austrian Standards Institute. [in English].

5. Liu R.-K., Xu P., Sun Z.-Z., Zou C., Sun Q.-X. (2015). Establishment of Track Quality Index Standard Recommendations for Beijing Metro. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/473830> [in English].

6. Luber B. (2011). Methode zur Bewertung von Gleislageabweichungen auf Basis von Fahrzeugreaktionen. *Dissertation Doctor technicae*. Graz University of Technology, Austria. [in Deutsch].

7. Mlinarić T.J. (2002). Dugoročna Procjena Kvalitete Kolosiječne Geometrije s Ciljem Identificiranja Zahtjeva Održavanja. *Doktorska disertacija*. University of Zagreb, Zagreb, Croatia. [in Croatian].

8. Madejski J., Grabczyk J. (2002). Continuous Geometry Measurement for Diagnostics of Tracks and Switches. In *Proceedings of the International Conference on Swithches, Delft, The Netherlands*, 19–22 March 2002. Delft University of Technology. [in English].

9. Ebersöhn W., Selig E.T. (1994). Use of Track Geometry Measurements for Maintenance Planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1470, 84-92. [in English].

10. Rybkin V.V., Patlasov O.M. (2012). *Tekhnichni vkazivky shchodo otsinky stanu reikovoï kolii za pokazanniamy koliievymiriuvalnykh vahoniv ta zabezpechennia bezpeky rukhu poizdiv pry vidstupakh vid norm utrymannia reikovoï kolii: ЦП-0267 [Technical instructions for assessing the condition of the rail track according to the readings of track-measuring cars and ensuring the safety of train movement in the event of deviations from the standards for maintaining the rail track: ЦП-0267]*. Kyiv: Poligrafservis. [in Ukrainian].

10. Aharkov O.V., Tverdomed V.M., Boiko V.D., Kovalchuk V.V., Strelko O.H. (2019). Influence of the structural design of rail fastenings on ensuring the stability of track gauge in operating conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708, 012001. DOI 10.1088/1757-899X/708/1/012001 [in English].

11. Tverdomed V., Tkachenko V., Sapronova S., Aharkov O., Fedorova O. (2019). Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System. In *Proceedings of 23rd International Scientific Conference Transport Means–2019, October 02–04, 2019, Palanga, Lithuania*, 1, pp. 348-352. Kaunas University of Technology. [in English].

UDC 004.424

DOI: 10.34029/2311-4061-2022-145-4-49-54

**Software design and algorithmic bases of decision-making automation regarding the locomotive traction passenger cars load-bearing structures service life extension / O. Haidenko, H. Holub, I. Kulbovskiy, Yu. Lushchai, R. Titorchuk // Railway Transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 49-54.**

The need for automation is caused by the dispersion of information from various sources, regarding the possibility of extending the service life by age and the maintenance and repair frequency (there are eight such sources at the writing time) and the necessity to take into account a large number of criteria that differ for different types of passenger carriages. Design aspects in the development of a cross-platform program in the form of a web application for the automation of

decision-making for prescription of the required type of reconditioning regarding the locomotive traction passenger cars load-bearing structures service life extension are considered in the article. An analysis of available date input implementations in web pages is conducted. An alternative to the generally accepted algorithm for calculating the differences between dates in JavaScript is proposed. Based on it, the software, which allows to determine as quickly as possible in the conditions of carrying out technical diagnostics with the help of a smartphone the existence of reasons for extending the service life of the locomotive traction passenger cars load-bearing structures and to calculate the type of repair that must be scheduled according to the calendar period is developed.

**Keywords:** *extending the service life of load-bearing structures, technical diagnostics, passenger cars, JavaScript, automation, software design.*

### References

1. Radkevych M., Sapronova S., Braikovska N., Tkachenko V. (2021). Udoskonalennia metodyky tekhnichnoho diahnostuvannia pasazhyrskykh vahoniv [Improvement of methods of technical diagnosis of passenger railway cars]. *Transport Systems and Technologies*, 38, 80-87. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-38-80-7> [in Ukrainian]
2. Yezhov Yu. V., Pavlenko Yu. S., Vojtenko O. I. (2018). Kapitalno-vidnovliuvnyi remont pasazhyrskykh vahoniv lokomotyvnoi tiahy yak zasib zabezpechennia zaliznyts reikovym rukhomym skladom [Overhaul repair of passenger cars with locomotive traction as a means of providing railways with rolling stock]. *Rail rolling stock*, 17, 51-61. [in Ukrainian]
3. Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia pasazhyrskykh vahoniv, shcho vysluzhyly pryznachenyi termin, z metoiu yoho prodovzhennia [Methods of technical diagnostics of passenger cars that have served the appointed period, in order to

extend it]. (2008). CL-0070. Kyiv: Ukrzaliznytsia. [in Ukrainian].

4. Ukrzaliznytsia (2022). Polozhennia z tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontu pasazhyrskykh vahoniv lokomotyvnoi tiahy [Provisions on maintenance and repair of locomotive traction passenger cars]. Kyiv: Ukrzaliznytsia. [in Ukrainian].

5. Van Roy P., Haridi S. (2004). *Concepts, techniques, and models of computer programming*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press. [in English].

6. Abelson H., Sussman G. J. (1996). *Structure and interpretation of computer programs*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press. [in English].

7. Felleisen M., Findler R. B., Flatt M., Krishnamurthi S. (2018). *How to design programs: an introduction to programming and computing*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press. [in English].

8. Rossi F., Van Beek P., Walsh T. (Eds.). (2006). *Handbook of constraint programming*. Elsevier. [in English].

9. Haidenko O.S., Holub H.M., Halan O.V. (2019). Doslidzhennia problemy «kompiuternoi netochnosti» v avtomatyzovanykh systemakh transportu [Study of the problem of «computer inaccuracy» in automatic transport systems]. *Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies. Series Transport Systems and Technologies*, 2 (33), 92-98. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2019-33-2-9> [in Ukrainian]

10. MDN Web Docs. (2022, September 14). `<input type="date">`. Retrieved from <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/Input/date> [in English].

11. jQuery UI API. (n.d.). DatePicker Widget. Retrieved from <https://api.jqueryui.com/datepicker/> [in English].

12. MDN Web Docs. (2022, September 13). `Date.prototype.getTime()`. Retrieved from [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global\\_Objects/Date/getTime](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Date/getTime) [in English].

**ПОКАЖЧИК ПУБЛІКАЦІЙ  
В ЖУРНАЛАХ «ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» ЗА 2022 РІК**

***Випуск № 1***

**Путято А.В.** Оцінка ресурсу несучих конструкцій вагонів метрополітену моделей 81-717 та 81-714 після тривалої експлуатації (рос.).

**Демченко С.М., Татуревич А.А., Макаров Ю.О.** Впровадження нових конструкцій пружних рейкових скріплень на залізницях України.

**Варбанець Р.А., Мальчевський В.П., Кучеренко Ю.М., Мінчев Д.С., Кирнац В.І., Бондаренко В.В.** Діагностика робочого процесу двотактних двигунів MAN B&W.

**Капіца М.І., Бобирь Д.В., Кислий Д.М., Богомолов А.Р.** Розробка електронної частини комплексу для визначення технічного стану циліндропоршневої групи дизеля.

**Зонов В.Д., Матяш В.О., Белоус Ю.А., Польшников Ю.В., Левцов В.Б.** Дослідження коливань в електронній системі регулювання тепловозного дизеля на встановившихся і перехідних режимах (рос.).

**Гайденко О.С., Голуб Г.М., Кульбовський І.І., Штомпель Ю.М.** Дослідження ефективності архітектур штучних нейронних мереж для прогнозу електроспоживання залізниць.

**Мямлін С.В.** Штван Зоборі – вчений та організатор науки (рос.).

***Випуск № 2***

**Мямлін С.В.** Перспективи розвитку рейкової дефектоскопії на залізничному транспорті.

**Ваганов А.І., Федор О.Я., Добровольська С.В., Оленєв М.В.** Сучасний стан і пріоритетні напрямки підвищення якості метрологічного забезпечення на залізничному транспорті.

**Мямлін С.В.** Григорій Бойко – головний інженер залізниць України.

**Яценко Л.Ф., Прокопенко П.М., Наріжна Т.М., Кошель О.О., Гаврилюк В.В.** Деформаційні, структурні та механічні зміни в матеріалі несівних конструкцій моторвагонного та тягового рухомого складу, який зазнав термічного впливу внаслідок пожежі.

**Фомін О.В., Ловська А.О.** Визначення динамічного навантаження, яке діє на напіввагон з пружно-фрикційними складовими в рамі.

**Кельріх М.Б., Кара С.В., Прокопенко П.М., Туровець Д.А.** Убезпечення експлуатації вагоповірочних вагонів з терміном експлуатації, що перевищує призначений.

**Мельник Т.С., Христофор О.В.** Категорійна стратегія як основний документ стратегічного сорсингу в категорійному менеджменті закупівельної діяльності.

**Бакалінський О.В., Маліцький В.В.** Удосконалення ціноутворення при встановленні ціни на послуги з використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця».

***Випуск № 3***

**Петренко В.О., Кельріх М.Б., Прокопенко П.М., Кара С.В.** Оцінка несівної здатності модернізованої рами вагона-зерновоза.

**Шиш В.О., Ребриков С.Я., Пузир В.Г.** Оцінка ризиків виникнення транспортних подій на залізничному транспорті.

**Леонець В.А.** Встановлення пошкоджуваності центрів локомотивних коліс.

**Прокопенко П.М., Фомін О.В.** Оцінка мобільними системами показників якості руху вагонів в умовах експлуатації.

**Христофор О.В., Бочаров О.П., Миклуха Т.В.** Історичне минуле залізничних вокзалів України.

***Випуск № 4***

**Мямлін С.В., Грищенко С.Г.** Голові наглядової ради, Президенту ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» Приходьку Володимиру Івановичу – 80 років (рос.).

**Бакалінський О.В., Маліцький В.В.** Проблеми та тенденції ринку використання вантажних вагонів.

**Штягняк П., Герліці Ю., Ракар М., Кравченко К.** Удосконалення конструкції вхідних дверей пасажирських вагонів (англ.).

**Мямлін С.В., Макаров Ю.О., Залеський Р.Ю.** Зменшення зносу пари «колесо-рейка» шляхом удосконалення технології лубрикації

**Твердомед В.М.** Якісна оцінка стану рейкової колії при взаємодії з рухомих складом.

**Гайденко О.С., Голуб Г.М., Кульбовський І.І., Луцшай Ю.В., Титорчук Р.І.** Проектування програмного забезпечення та алгоритмічні основи автоматизації прийняття рішень щодо продовження терміну експлуатації несучих конструкцій пасажирських вагонів локомотивної тяги.

**ВИМОГИ**  
**ДО МАТЕРІАЛІВ ЩО НАДАЮТЬСЯ ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ У НАУКОВО-ПРАКТИЧНОМУ ЖУРНАЛІ**  
**«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» (ЗТУ)**

**Перелік обов'язкових елементів статті:**

**Вступ.** Постановка проблеми у загальному вигляді і вказівкою про її зв'язок з науковими чи практичними завданнями, літературний огляд існуючих методів, підходів, рішень щодо встановленої проблеми.

**Мета/цілі, завдання.**

**Підзаголовки (розділи) статті.** Виклад основного матеріалу дослідження.

**Висновки** і перспективи подальших досліджень у цьому напрямку.

**Література** до статті (мовою оригіналу та в транслітерації).

Всі структурні елементи необхідно виділяти **напівжирним шрифтом**.

Матеріал потрібно викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно, з посиланням на літературні джерела. Одиниці вимірів слід подавати лише в системі SI.

Відповідальність за матеріали, наведені у статті, їх достовірність несе автор. Редакція залишає за собою право вимагати надання авторами додаткових експертиз за матеріалами статті і приймати рішення щодо доцільності її публікації за результатами рецензування.

Матеріали для публікації в журналі ЗТУ надаються у електронному вигляді, вкладеними файлами, за адресою [ztu1520mm@gmail.com](mailto:ztu1520mm@gmail.com). У окремому файлі або листі слід додати авторські довідки-звернення авторів (автора) до головного редактора журналу щодо опублікування статті і запевнення в тому, що її матеріали раніше не публікувалися і не були направлені для публікації у інші видання. Матеріали для публікації можуть бути надані також кур'єром або поштою на будь-яких носіях (CD, DVD, Blu-ray, flash-накопичувачі) за адресою: Україна, 03038, Київ, вул. І.Федорова, 39, філія «НДКТИ» ПАТ «Укрзалізниця», редакція журналу ЗТУ.

**Оформлення тексту статті:**

1. Текст статті (1-й файл) повинен бути підготовлений у форматі текстового редактора MS Word українською, російською або англійською мовами. На початку статті необхідно вказати: деталізований індекс УДК, прізвища та ініціали авторів, їх вчені ступені, а також повну і скорочену назву установи їх праці, назву статті і під нею ключові слова. Формули у тексті статті мають бути набрані у редакторі формул Word, а не шляхом їх переносу (копіювання) з редакторів MathCad, MathLab, LabView та інших. Розміщенні в тексті діаграми, таблиці, графіки теж слід оформлювати тільки засобами MS Word або MS Excell будь-яких генерацій. Ілюстрації у вигляді малюнків і фотографій необхідно подавати в окремому 2-му файлі, у растрових форматах – jpeg, tif, gif тощо – з роздільною здатністю не менше 300 крапок на дюйм. Малюнки повинні бути розміщені у тексті статті, або на місці малюнку має бути посилання на ім'я окремого файлу з малюнком. У тексті статті перед наведеними зображеннями та таблицями повинні бути обов'язкові посилання на них. Загальний обсяг тексту статті складає 5-10 сторінок А4. Матеріал друкується через 1 інтервал без переносів шрифтом 12 Times New Roman, поля ліворуч – 2 см., вгорі, внизу, праворуч – 2 см., абзац – 1,25 см.

2. Реферати до статті (3-й файл) викладаються українською (мінімум 200 слів або 1000 знаків), російською (мінімум 200 слів або 1000 знаків) і поширений, з переліком літератури, (мінімум 250 слів або 1250 знаків) англійською мовами.

3. Відомості про авторів (4-й файл) повинні включати: П.І.Б (повністю українською, російською та англійською мовами, назву установи постійної роботи, посада, вчений ступінь або кваліфікацію за освітою чи станом (інженер, магістр, науковий співробітник, аспірант) , контактний телефон, e-mail, поштову адресу для листування та висилання авторського екземпляру ЗТУ.

4. Список літератури до публікації повинен містити 10-20 найменувань і оформлюватися за вимогами ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Список літератури англійською мовою повинен бути складений за стандартом APA (<http://www.apastyle.org/>), який перекладається та транслітерується латиницею для кирилических джерел; його нумерація повинна співпадати з першим списком літератури. Самоцитувань повинно бути не більше 30%.

5. Кольорові фотографії облич авторів (за бажанням).

**Статті готуються до друку і випускаються у тому порядку, в якому редакція їх отримує від рецензентів і авторів після остаточної правки матеріалу.**

Відомості про те, в якому номері буде опублікована стаття автори можуть отримати за запитом на поштову адресу редакції або на її e-mail: [ztu1520mm@gmail.com](mailto:ztu1520mm@gmail.com).

# Кваліфікаційно-атестаційний центр зварників

**АТЕСТАЦІЙНИЙ ЦЕНТР  
ЗВАРНИКІВ**



**АТЕСТАЦІЯ  
ЗВАРНИКІВ**

Кваліфікаційно-атестаційний центр зварників (далі – КАЦЗ) філії «Експертно-технічний центр» АТ «Укрзалізниця» (далі – філія «ЕТЦ») проводить атестацію зварників на право виконання зварювальних та наплавлювальних робіт при виготовленні, ремонті та модернізаціях металоконструкцій, обладнання, вузлів та деталей залізничного рухомого складу, в тому числі спеціального, для потреб залізничного транспорту згідно з нормативними документами, які затвердженні наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 05.08.2009 № 834:

- СОУ 35.2-00017584-030-1:2009 «Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення.

Частина 1. Сталі»;

- СОУ 35.2-00017584-030-2:2009 «Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 2. Чавуни»;

- НПАОП 0.00-1.16-96 «Правила атестації зварників»,

Держнаглядохоронпраця.

Атестація зварників може проводитись як на базах атестаційного центру зварників філії «ЕТЦ» (м. Київ, м. Запоріжжя) так і на території Замовника, при наявності у нього відповідного матеріально-технічного забезпечення (навчальний клас, зварювальне обладнання та інше - визначається при проведенні аудиту), що дозволяє проводити атестацію зварників з частковим відривом їх від виробництва, та заощадити кошти на відрядження.

При навчанні зварників враховується специфіка зварювальних та наплавлювальних робіт

Надання послуг організаціям та структурним підрозділам, які входять до складу АТ «Укрзалізниця», здійснюється на підставі укладеного **Внутрішнього зобов'язання**, з розрахунком по авізо. Для всіх інших підприємств послуги надаються на підставі укладених **Договорів з філією «ЕТЦ»**.

Для початку робіт філією «ЕТЦ» з атестації зварників Замовникам необхідно надати в електронному вигляді або поштовим відправленням **Заяву та Лист на атестацію зварників** на адресу:

м. Київ, вул. Архітектора Кобелева 3/8 філія «ЕТЦ» АТ «Укрзалізниця».

тел. (044) 309-76-20 (5-76-20)

Lotus: [Рудаков О.М. ЕТЦ/ЕТЦ/УЗ/UKRZAL](mailto:Rudakov.O.M.ETC/ETC/УЗ/UKRZAL)

Web: [https://www.uz.gov.ua/about/general\\_information/entertainments/etc/](https://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/etc/)

## Контакти:

**Начальник КАЦЗ філії ЕТЦ**

Серняев Олексій Георгійович

e-mail: [sernyaev1520mm@gmail.com](mailto:sernyaev1520mm@gmail.com)

## З організаційних питань звертатися:

Гурський Юрій Олександрович,  
моб. тел. +38 063 452 60 93,  
e-mail: [hurskyi1520mm@gmail.com](mailto:hurskyi1520mm@gmail.com)

Lotus Notus: Гурський Ю.О.  
ЕТЦ\_КАЦЗ/ЕТЦ/DNEPR/UKRZAL

Баршак Роман Миколайович,  
моб. тел. +38 063 452 61 96,  
e-mail: [barshak1520mm@gmail.com](mailto:barshak1520mm@gmail.com)

Lotus Notus: Баршак Р.М.  
ЕТЦ\_КАЦЗ/ЕТЦ/DNEPR/UKRZAL

## З питань оформлення Договорів, Внутрішніх зобов'язань, актів здавання-приймання послуг звертатися:

Булат Олена Вікторівна,  
моб. тел. +38 063 948 74 57,

e-mail: [bulat1520mm@gmail.com](mailto:bulat1520mm@gmail.com),

Lotus Notus: Булат О.В. ЕТЦ\_КАЦЗ/ЕТЦ/DNEPR/UKRZAL



# «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» - філія АТ «Укрзалізниця»

Головна науково-технічна установа галузі надає послуги:

- 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
- Атестація лабораторій неруйнівного контролю вагонного господарства
- Інспекторський та приймальний контроль продукції, що постачається для потреб АТ «Укрзалізниця»
- Послуги інспекційного органу з інспектування та атестації підприємств щодо експлуатації, обслуговування і ремонту рухомого складу, його складових частин, вузлів та деталей
- 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 вимірювань великогабаритних конструкцій з отриманням просторових координат конструкцій
- 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, електrolітів, піску, чавунів та сталей
- Проведення екологічного контролю за якістю показників промислових стічних вод на відповідність вимогам Правил приймання стічних вод в міську каналізацію
- Проведення досліджень складу та властивостей повітря робочої зони, важкості та напруженості праці з метою атестації робочих місць та виявлення небезпечних чинників виробничого середовища на життя та здоров'я працюючих
- Вимірювання геометричних параметрів рухомого складу та його складових частин
- Розробка нормативно-технічної документації з експлуатації та організації ремонтів тягового та моторвагонного рухомого складу, пасажирських, вантажних та інших вагонів
- 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
- Розробка проектів модернізації несучих конструкцій тягового та моторвагонного рухомого складу
- Проектування та організація 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



#### 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](mailto:ndkti@lotus.uz.gov.ua)  
[www.uz.gov.ua](http://www.uz.gov.ua)

Для індивідуальних передплатників - 74126  
Для підприємств і організацій - 40294