



ISSN 2311-4061

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

У К Р А Ї Н И
Науково-практичний журнал

RAILWAY
TRANSPORT
OF UKRAINE
THE SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL



1/2023

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.

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL

Vyacheslav Petrenko, deputy of director of the branch "SEI" of JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine (chairman of the council)

Konstantin Bochkov, Dr.Tech.Sc., Belarusian State University Transport, Belarus

Gintautas Bureika, Dr.Tech.Sc., Vilnius Technical University, Lithuania

Mykhailo Kelrikh, Dr.Tech.Sc., branch "SEI", JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine
Viktor Leonets, Dr.Tech.Sc., Institute for Problems of Strength of the National Academy of Sciences of Ukraine

Mykhailo Makarenko, Dr.Ec.Sc., branch "SEI", JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine
Sergey Myamlin, Dr.Tech.Sc., director of the branch "RIDC" of JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine

Oleksandr Fedorenko, Railway Transport Department of the Ministry of Community Development, Territories and Infrastructure of Ukraine

EDITORIAL BOARD

Gleb Vatulya, Dr.Tech.Sc., Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

Juraj Gerlici, Dr. Ing., University of Zilina, Slovakian
Sergii Grishchenko, PhD. Tech., branch "SEI" JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine

Eduard Danilenko, Dr.Tech.Sc., State University of Infrastructure and Technology, Ukraine

Valery Domanskiy, Dr.Tech.Sc., Kharkov National University of Municipal Economy", Ukraine

Yuriy Dyomin, Dr.Tech.Sc, East Ukrainian National University, Ukraine

Jan Kalivoda, Dr.Tech.Sc., Czech Technical University in Prague, Czech Republic

Sergii Kara, PhD. Tech., branch "SEI", JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine

Alyona Lovska, Dr.Tech.Sc., University of Zilina, Slovakian

Viktor Myronenko, Dr.Tech.Sc., State University of Infrastructure and Technology, Ukraine

Sergii Myamlin, Dr.Tech.Sc., branch "RIDC" JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine

Arthur Putsiata, Dr.Tech.Sc., State Technical University of Gomel, Belarus

Victor Sychenko, Dr.Tech.Sc., branch "RIDC" JSC "Ukrzaliznytsia", Ukraine

Anatoliy Falendish, Dr.Tech.Sc., Pryazovskyi State Technical University, Ukraine

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/

Drafting group: Sergii Gryshchenko, Alla Myrgorodsk, Evgen Shportko

**Засновник -
УКРЗАЛІЗНИЦЯ**
**Видавець - Науково-дослідний
та конструкторсько-
технологічний інститут
залізничного транспорту
(Філія "НДКІ" 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 на трьох мовах. Статті рецензуються. Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен та інших відомостей несуть автори публікацій та рекламодавці. Передрук матеріалів - тільки з дозволу редакції журналу. Індеси журналу в Каталогі передплатних видань України: для індивідуальних передплатників - 74126; для підприємств та організацій – 40294; електронна версія - 76958. На рік видається 4 номери журналу. Ціна договірна. Формат 60х90/8. Папір крейдований. Друк офсетний. Установчий тираж: 200 прим. Журнал надруковано у типографії філії «НДКІ» АТ «Укрзалізниця».

Адреса редакції:

Україна, 03038, Київ,
вул. Івана Федорова, 39,
філія «НДКІ» 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/.

Над випуском працювали:

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



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

Вже більше року триває військова агресія з боку російської армії проти України. Залізничний транспорт, поряд зі Збройними Силами країни, несе на собі важкий тягар війни - забезпечує безперебійні перевезення вантажів і пасажирів та підтримує працездатність критичної інфраструктури. Все це відбувається завдяки самовідданій праці звичайних залізничників та ефективній організації технологічних процесів.

Безумовно, технології та технічні засоби інфраструктури і рухомого складу потребують постійного науково-технічного та інженерно-технологічного супроводу на всіх етапах діяльності залізниць. В такі часи, як ніколи, набувають важливості розробка та реалізація галузевих програм розвитку залізничного транспорту за наступними напрямками:

- впровадження комплексних, цільових програм щодо розвитку залізничної мережі, у тому числі Програми розвитку залізничних станцій і переходів, що межують з країнами Європейського Союзу і Республікою Молдова;
- інтеграція залізничного транспортного комплексу до транспортної мережі Європейського Союзу (TEN-T), а також щодо приведення національної залізничної інфраструктури у відповідність до цих вимог;
- реалізація процедур приєднання українських залізничних ліній до існуючих та нових вантажних коридорів ЄС Транс'європейської транспортної мережі (RFC).

Реалізація відповідних галузевих програм технічного та технологічного розвитку АТ «Укрзалізниця», тісно пов'язана з існуючими програмами енерго- та ресурсозбереження, бережливого виробництва та основними принципами реалізації єдиної технічної політики на залізничному транспорті країни. Тому, Ваші пропозиції щодо удосконалення існуючих технічних засобів інфраструктури та залізничного рухомого складу, викладені на сторінках галузевого науково-практичного журналу, дуже важливі і вони будуть використані при виконанні Програм розвитку залізничного транспорту України.

*З повагою,
Директор з інженерно-технічного
забезпечення АТ «Укрзалізниця»,
кандидат технічних наук
Роман ЙОСИФОВИЧ*

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., 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., начальник
Управління залізничного
транспорту Міністерства розвитку
громад, територій та
інфраструктури України

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ВАТУЛЯ Г. Л., докт. техн. наук,
професор кафедри «Будівельна
механіка та гідравліка»
Українського державного
університету залізничного
транспорту (Україна)
ГЕРЛИЦІ Юрай, докт. техн. наук,
професор, завідувач кафедри
«Транспорт та підйомно-
транспортні машини» Жилінського
університету (Словаччина)
ГРИЩЕНКО С. Г., канд. техн. наук,
доцент, провідний інженер філії
«НДКТІ» АТ «Укрзалізниця»
(заступник головного редактора)
ДАНИЛЕНКО Е. І., докт. техн. наук,
професор 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. проф. Чеського технічного
університету в Празі (Чехія)
КАРА С. В., канд. техн. наук,
начальник Управління інжинірингу
Науково-впроваджувального
центру філії «НДКТІ» АТ
«Укрзалізниця» (Україна)
ЛОВСЬКА А.О., докт. техн. наук,
професор Жилінського університету
(Словаччина)
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)

ЗМІСТ

Транспортні системи та логістика ...	
Мойсеєнко В.І., Ломотько Д.В., Гаєвський В.В. Удосконалення побудови систем керування рухом поїздів на основі принципів самоорганізації4	
Економіка транспорту ...	
Мельник Т.С., Христофор О.В., Вільчинська О.М. Роль маркетингу в подоланні проблем підсобно-допоміжної діяльності залізничних вокзалів України16	
Інфраструктура ...	
Демченко С.М., Татуревич А.А., Макаров Ю.О. Вплив різних типів проміжних рейкових скріплень на інтенсивність зносу рейок в кривих ділянках колії27	
Рухомий склад ...	
Кара С.В., Прокопенко П.М., Туровець Д.А. Дослідження несучих конструкцій електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у з метою убезпечення їх експлуатації34	
Мямлін С.С. Вдосконалення конструкції рухомого складу залізниць для забезпечення інтермодальних перевезень зернових.....42	
Моделі та моделювання ...	
Іщук В.В., Діжо Я., Блатніцкий М., Солчанский С., Молнар Д. Оцінка динамічних та ходових якостей рейкового транспортного засобу шляхом імітаційного моделювання51	
Сторінки історії ...	
Грищенко С.Г. Перший український магістральний електровоз ДЕ162	
Реферати74	

CONTENTS

Transport systems and logistics ...	
V. Moiseienko, D. Lomotko, V. Gaievskyi Improvement of train traffic control systems based on the principles of self-organization4	
Transport economics ...	
T. Melnyk, O. Khrystofor, O. Vilchynska The role of marketing in overcoming the problems of ancillary activities of railway stations in Ukraine.....16	
Infrastructure ...	
S. Demchenko, A. Taturevich, Yu. Makarov The influence of different types of intermediate rail fasteners on the intensity of wear of rails in curved sections of the track27	
Rolling stock ...	
S. Kara, P. Prokopenko, D. Turovets Research of support frames of electric locomotives VL80k and VL40u in order to ensure the safety of their operation34	
S. Myamlin Improving the design of rolling stock of railways to provide intermodal transportation of grain42	
Models and modelling ...	
V. Ishchuk, J. Dižo, M. Blatnický, S. Solčanský, D. Molnár Evaluation of dynamics and running properties of rail vehicles using simulation modelling51	
Chapter of history ...	
S. Gryshchenko The first Ukrainian mainline electric locomotive DE1.....62	
Abstracts74	

УДК 656.256:681.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-04-15

Д-р техн. наук Мойсеєнко В.І.

Д-р техн. наук Ломотько Д.В.

Канд. техн. наук Гасвський В.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ САМООРГАНІЗАЦІЇ

**IMPROVEMENT OF TRAIN TRAFFIC CONTROL SYSTEMS BASED
ON THE PRINCIPLES OF SELF-ORGANIZATION**

***Ключові слова:** системи керування рухом поїздів, людино-машинний інтерфейс, Індустрія 4.0, самоорганізація, людський фактор.*

Вступ

Системи залізничної автоматики починають оновлюватися, і у найближчий час цей процес буде особливо актуальним у транспортних коридорах, що ведуть до країн Євросоюзу. Це пов'язане, у першу чергу, з організацією перевезень сільськогосподарської продукції. Крім того, будуть розширені роботи по будівництву в Україні євроколії 1435 мм, що потребує нових технічних рішень для систем керування рухом поїздів (СКРП) на відповідних перегонах та станціях [1].

Проблеми модернізації залізничної галузі необхідно узгоджувати з сучасними тенденціями розвитку науки та техніки, приймаючи до уваги той факт, що індустріальний світ все твердіше стає на шлях використання інструментів Четвертої промислової революції – «Індустрія 4.0». Цей етап характеризується глибокими інтеграційними процесами, що все більше витісняють людину з ланки прийняття рішень та інформаційного обміну завдяки застосуванню промислового інтернету речей, штучного інтелекту, машинного навчання тощо.

Слід зазначити, що вказані процеси не минули і транспортну галузь. Розвиток систем керування рухом поїздів напряду залежить від світових тенденцій їх розвитку, що характеризуються якісними та кількісними змінами не тільки техніки, але й уявлень людей. Тому їх дослідження є доцільними та актуальними.

Постановка проблеми

Сучасний розвиток систем керування рухом поїздів базується на використанні інформаційно-комп'ютерних (цифрових) технологій, які теж мають дуже стрімкий розвиток. Не зважаючи на суттєві відмінності мікропроцесорних систем від релейних, існуючі СКРП все так само не відповідають повною мірою вимогам часу. У більшості вони будуються за ідеологією старих систем залізничної автоматики та телемеханіки і не використовують існуючі на теперішній час можливості надання системам додаткових функцій і сучасних технологій збору та передачі в режимі онлайн, обробки та зберігання даних. Окрім того інформаційна взаємодія систем з експлуатаційним (оперативним) та технічним персоналом залишається дуже критичною стосовно «людського фактору».

У зв'язку з цим доцільно розглянути питання удосконалення чи навіть повної заміни принципів побудови сучасних СКРП як систем, що будуються на принципах самоорганізації, з урахуванням тенденцій розвитку інструментів «Індустрія 4.0» та «Індустрія 5.0».

Аналіз досліджень та публікацій

Необхідність розширення функцій існуючих СКРП та напрямки їх подальшого розвитку почали досліджуватися досить недавно. Одним із прикладів цих пошуків може служити робота [2], у якій розглянуті проблеми подальшого розвитку інформаційно-керуючих систем із застосуванням підходів та інструментів «Індустрії 4.0» – хмарних обчислювань, штучного

інтелекту, машинного навчання тощо. Було запропоновано модель прийняття рішень про працездатність системи та надання їй можливості подальшої безпечної експлуатації, використання якої дозволяє побудову систем керування рухом поїздів з можливістю аналізу власних показників діяльності та дій експлуатаційного і технічного персоналу, та на підставі цього проводити корегування власного алгоритму функціонування. Питання побудови систем з самоорганізацією досить докладно розглянуті в роботах Месаровича М., Такахари Я., Друзя В., Самсонкіна В., Балтовського О., Ісмайлова К., Сіфорова О., Фороса Г., Зайця О. [4-12]. Це класичні роботи, в яких викладена загальна теорія систем і системний аналіз, теорія функціональних систем. Окремо слід відзначити роботи Варенка В., Братуся І., Дорошенка В., Смольнікова Ю., Юрченка В. «Системний аналіз інформаційних процесів» [13] та Прищака М. і Леська О. «Психологія управління в організації» [14]. Всі наведені вище роботи можуть розглядатись як наукове підґрунтя інноваційних процесів на залізничному транспорті.

Перші спроби реалізації основних наукових положень теорії систем з урахуванням так званого «людського фактору» були зроблені професором Самсонкіним В. в роботах [4, 5, 8], який перевів загальнотеоретичні питання у площину проблем залізничної галузі. Його фахові дослідження досить добре узгоджувались з науковими результатами Біра С., Месаровича М., Судакова К., Заде Л. та Ешбі У.Р., присвячених загальній проблематиці самоорганізації у різних галузях [4-15]. Це дозволило започаткувати дослідження для надання СКРП нових функцій та можливостей.

Мета та задачі дослідження

Дослідження та удосконалення методології побудови СКРП за рахунок надання системі керування нових функцій та можливостей шляхом застосування принципів самоорганізації.

Виклад основного матеріалу

Більшість систем керування рухом поїздів, що на теперішній час експлуатуються на залізницях, функціонують таким чином, що це майже не залежить від процесу технічного обслуговування (ТО) системи керування. Системи керування не знаходяться у діалоговому режимі з людиною-оператором, не оцінюють його компетентність і правильність алгоритму його дій у відповідальних ситуаціях, не контролюють своєчасність, повноту та якість проведення ТО.

Статистичні дані свідчать, що значна кількість порушень безпеки руху відбувається саме через помилки технічного персоналу при проведенні технічного обслуговування, тобто через «людський фактор» [2].

Існуюча система технічної експлуатації СКРП включає в себе набір експлуатаційних та ремонтно-відновлювальних робіт, нормативних документів і організаційних компонентів.

В процесі експлуатації система інформує про своє функціонування:

- оперативний (експлуатаційний) персонал;
- технічний персонал.

Ця інформація автоматично транслюється в «Підсистему експлуатації» та «Підсистему технічного обслуговування (ТО)», як на рівні прикладного програмного забезпечення (ППЗ), так і на рівні технічного обслуговування.

Обидві ці підсистеми є джерелом даних для підсистеми безпеки руху (БР), тобто технічна справність програмних і апаратних засобів систем та вірні дії експлуатаційного персоналу забезпечують нормальну роботу підсистеми БР. Ревізорський апарат отримує інформацію як від самої СКРП, так і від підсистем безпеки руху: випадки катастроф, аварій, інцидентів при неузгодженості роботи підсистеми ТО і підсистеми експлуатації (рис. 1).

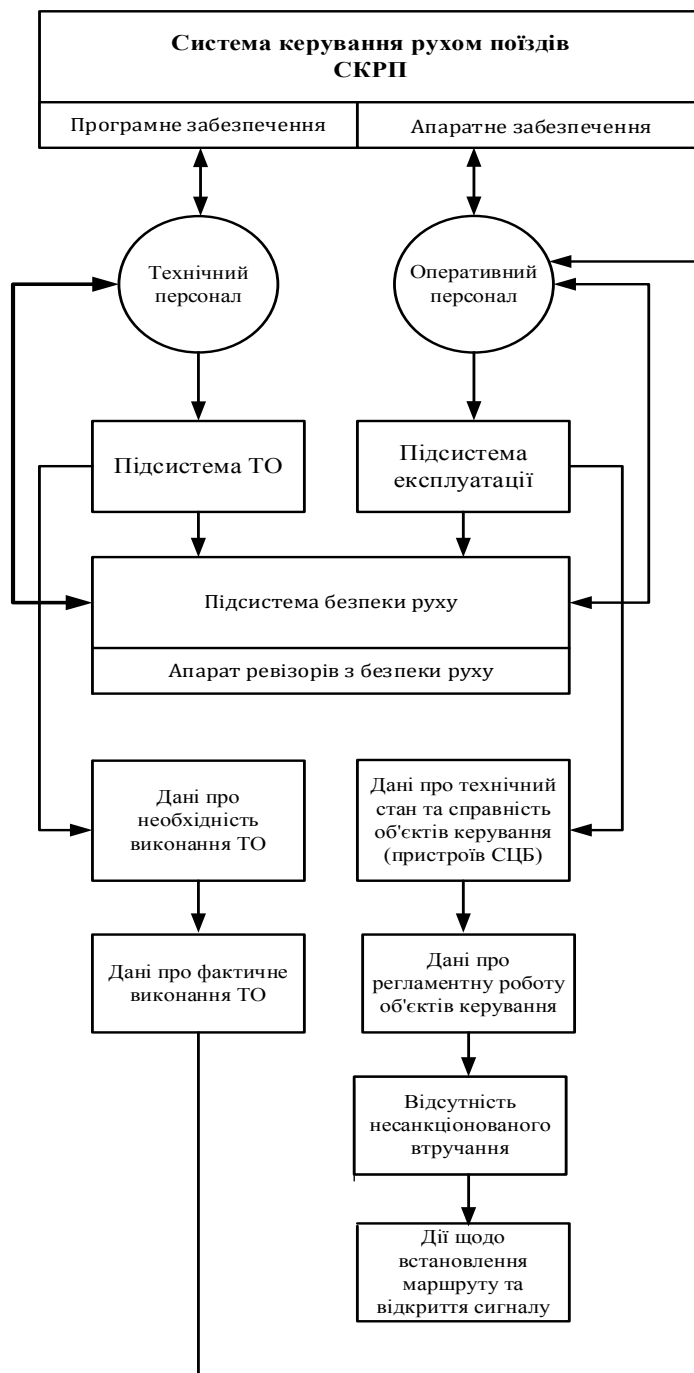


Рис. 1 – Узагальнена структурна блок-схема СКРП

Для подальшого дослідження механізмів взаємодії підсистем ТО та технічної експлуатації була синтезована графоаналітична модель, що відображає процеси взаємодії компонентів мікропроцесорних систем керування рухом поїздів (рис. 2).

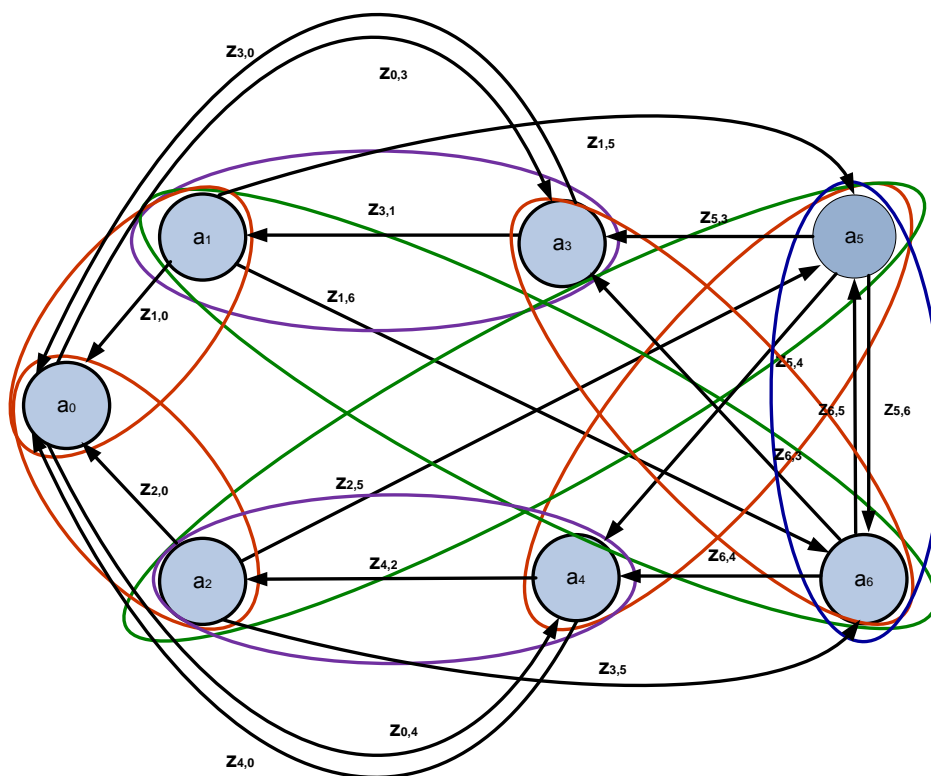


Рис. 2 – Графоаналітична модель взаємодії компонентів СКРП

Відповідність вершин графів з елементами схеми на рисунку 2 визначається таким чином:

- a_0 – підсистема безпеки руху та апарату ревізорів;
- a_1 – підсистема технічного обслуговування (ТО);
- a_2 – підсистема експлуатації;
- a_3 – технічний персонал;
- a_4 – оперативний персонал;
- a_5 – апаратне забезпечення;
- a_6 – програмне забезпечення.

Подальший аналіз графоаналітичної моделі дозволив визначити головний недолік традиційного підходу, який полягає у відсутності об'єктивного контролю надійності і безпечності як оперативного, так і технічного персоналу, що перешкоджає підвищенню функційної безпеки технічної експлуатації СКРП. Наразі необхідно мінімізувати ці негативні впливи за рахунок інтеграції існуючої практики і знань про експлуатацію та обслуговування (Operation and maintenance, O&M) з новими цифровими технологіями. Згідно з EN 50126 [3] одним з технічних принципів для функційної безпеки системи керування рухом поїздів є наявність відомостей про процес їх експлуатації, проведення ТО та контролю якості його виконання, розробка заходів щодо уникнення небезпечних станів систем та зменшення небезпечних наслідків, з урахуванням впливу «людського фактору».

Системи керування рухом поїздів, транспортно-логістичні, промислові та інші системи «людина – об'єкт керування – середовище» (або гуманістичні системи) є системами, що самоорганізуються. Проблема самоорганізації зараз набуває ще більшого значення, ніж декілька років тому, що можливо пояснити багатьма обставинами, але найважливішими є:

- практично невичерпні можливості інтернету та комп'ютерної техніки у підтримці прийняття рішень, що дозволяє окремій людині використовувати необмежені ресурси для вирішення індивідуальних завдань;

- розвиток цифрових технологій та науково-технічного прогресу, що призвели до реалізації комплексних завдань з розробки безлюдних технологій, практичної реалізації штучного інтелекту, машинного навчання, тощо як ключових складових процесу самоорганізації.

- використання концепції ризик-менеджменту, тобто керування ризиками, що стало основним принципом управління, життя та діяльності людини та людства.

Загалом, це стало передумовою виникнення нового підходу до систематизації проблеми керування.

Прагнення людини розширити можливості систем керування докорінно змінило обсяги інформаційного обміну, тривалості його збереження та швидкості переробки. Це необхідно передусім там, де автоматичні системи керування повинні майже повністю виключити присутність людини в середовищах підвищеної небезпеки. Побудова таких систем вимагає розпізнавання різних впливів зовнішнього середовища та організації адекватної й адаптивної до цих впливів поведінки та відповідної реакції СКРП. Для досягнення цієї мети необхідно знати: як відбувається процес впливу середовища і утворення строго локалізованих та розмежованих впливів, що відображають відповідні фактори середовища, як відбувається узагальнення і інтеграція родинних класів явищ та утворення логічних зв'язків між цими узагальненнями, як складнішим рівнем організовані відносин у цьому ж середовищі. Вирішення цих завдань приводить до необхідності побудови систем, що самонавчаються. Це є одним із основних ознак самоорганізації, оскільки процес навчання безпосередньо пов'язаний з виникненням нових понять чи заміни застарілих.

Індустріалізація суспільства суттєво змінило життєву діяльність людини. Створення складних «людино-машинних» систем призвело до того, що людина стала найслабкішою ланкою в них. І тому в даний час набуває актуальності питання пристосування не стільки людини до машини, скільки машини до людини. Необхідність обробки великої кількості інформації, що надходить за малі проміжки часу, призвела до використання обчислювальних машин, так як людині ці завдання непосильні. Тобто, стійке якісне виконання операцій управління складними технічними засобами є за межами можливостей людини [4, 5].

Теорія, запропонована дослідником Л. Заде, розглядає самоорганізацію як апарат для аналізу та моделювання гуманістичних систем або в подальшому систем «людина – об'єкт керування – середовище» – систем, у яких істотну роль відіграють знання та судження людини [6, 7]. З розвитком теорії нечітких множин, вводиться поняття припустимої помилки, яке обґрунтовує відповідним чином право на помилку. Введення людини як природного компонента «гуманістичних» систем дозволило встановити не лише його значущість у структурі цих систем, а й звернуло увагу на те, що людина у цих системах є найслабшою ланкою та основною причиною виникнення критичних ситуацій, які у більшості випадків закінчуються катастрофами.

Через те, що абсолютна точність виконавчої діяльності знижує стійкість керованої системи, а зайва свобода дій (чи варіативність) тягне за собою зниження надійності досягнення кінцевого результату, тому слід шукати оптимальне співвідношення цих характеристик. До загальних принципів системної організації функціональних відносин відносяться такі:

- принцип самосполучення системи та умов її існування, він же трактується як «єдність об'єкта та середовища існування»;

- принцип дихотомічної структури відносин, чи «єдності та боротьби протилежностей», тобто єдності протилежностей та єдиного їхнього виміру;

- принцип інваріантності та ізоморфізму організації функціональних систем різних рівнів, або «минуле породжує сьогодення», в якому формується наступне, за послідовністю «причина – слідство – результат»;

- принцип мультипараметричної організації функціональних систем, який спрямований на досягнення однакового стійкого кінцевого результату чи «еквівісальності організації кінцевого результату»;

- принцип статистичної закономірності прояви впливу, як відбиток цілісного процесу, чи «кінцевий результат впливу, як критерій подоби в мультипараметричних системних відносинах»;

- принцип найменшої дії та вузького місця, який може розглядатися як різновид «дихотомічної структури відносин» [4].

Проаналізувавши наукові праці з теорії систем і системного аналізу, психології, особливостей систем із самоорганізацією [8-13], встановлено існування загальних особливостей професійної діяльності та її принципів, які є складовими частинами практичної діяльності людини, що необхідно враховувати для удосконалення СКРП (табл. 1).

Табл. 1 – Загальні особливості та принципи професійної діяльності людини

<i>Загальні особливості професійної діяльності</i>	<i>Принципи професійної діяльності</i>
Унікальність і непередбачуваність людської діяльності в конкретних умовах	Ієрархічність - операційна - тактична - стратегічна
Здатність адаптуватися до умов середовища і перешкод (зовнішніх і внутрішніх), що змінюються	Інтегративність (цілісність, здатність самостійно орієнтуватись в ситуації)
Здатність до цілеутворення	Комунікативність (зв'язки з діяльністю інших людей)
Здатність протистояти руйнівним тенденціям (зовнішнім і внутрішнім);	Історичність (використання попереднього досвіду)
Здатність розробляти різні варіанти цілеутворення і цільового виконання	Адекватність (згідно формулювання Ешбі У.Р.) [15]
Здатність до самоорганізації і саморозвитку	

Принцип адекватності теорії систем, сформульований Ешбі У.Р. [15], говорить, що створюючи систему, здатну впоратися з розв'язанням проблеми, що має певну, тобто відому розмаїтість (складність), потрібно забезпечити, щоб система мала ще більшу різноманітність (наявність засобів і способів вирішення проблеми), ніж розмаїтість (складність) проблеми що розв'язується. Або ж була здатна створювати в собі цю необхідну різноманітність (могла б розробити нові засоби та способи вирішення проблеми). Тобто, система повинна мати необхідний запас для так званого «маневру».

При розробці сучасних систем СКРП в них треба передбачати наступні функції:

- пізнавальну (отримання та засвоєння накопичених знань);
- перетворювальну (перетворення навколишньої дійсності з урахуванням змін зовнішнього середовища);
- ціннісно-орієнтовну (встановлення відношень між об'єктом і суб'єктом);
- інтерактивну (забезпечення взаємодії між людиною і системою).

Поєднання технічних принципів процесу експлуатації і проведення ТО систем керування та принципів професійної діяльності людини примушує нас майже кардинально переробити методологію побудови і логіку функціонування сучасних СКРП. Як один із варіантів, розглянемо надання системі керування можливості контролювати (архівзації подій з подальшим проведенням їх аналізу) дії людини-оператора (оперативного персоналу) та персоналу з проведення ТО (технічного персоналу) (рис. 3).

На підставі цього аналізу СКРП отримує можливості формування відповідної адаптивної реакції та корегування власної процедури функціонування, тобто у наявності ознаки інтерактивної та інтелектуальної технології взаємодії. В такому випадку після інформування оперативного персоналу про невиконання технічним персоналом необхідних дій, система контролює факти сприйняття цього повідомлення та його подальші дії. Система переходить у режим очікування, попереджаючи про це оперативний персонал.

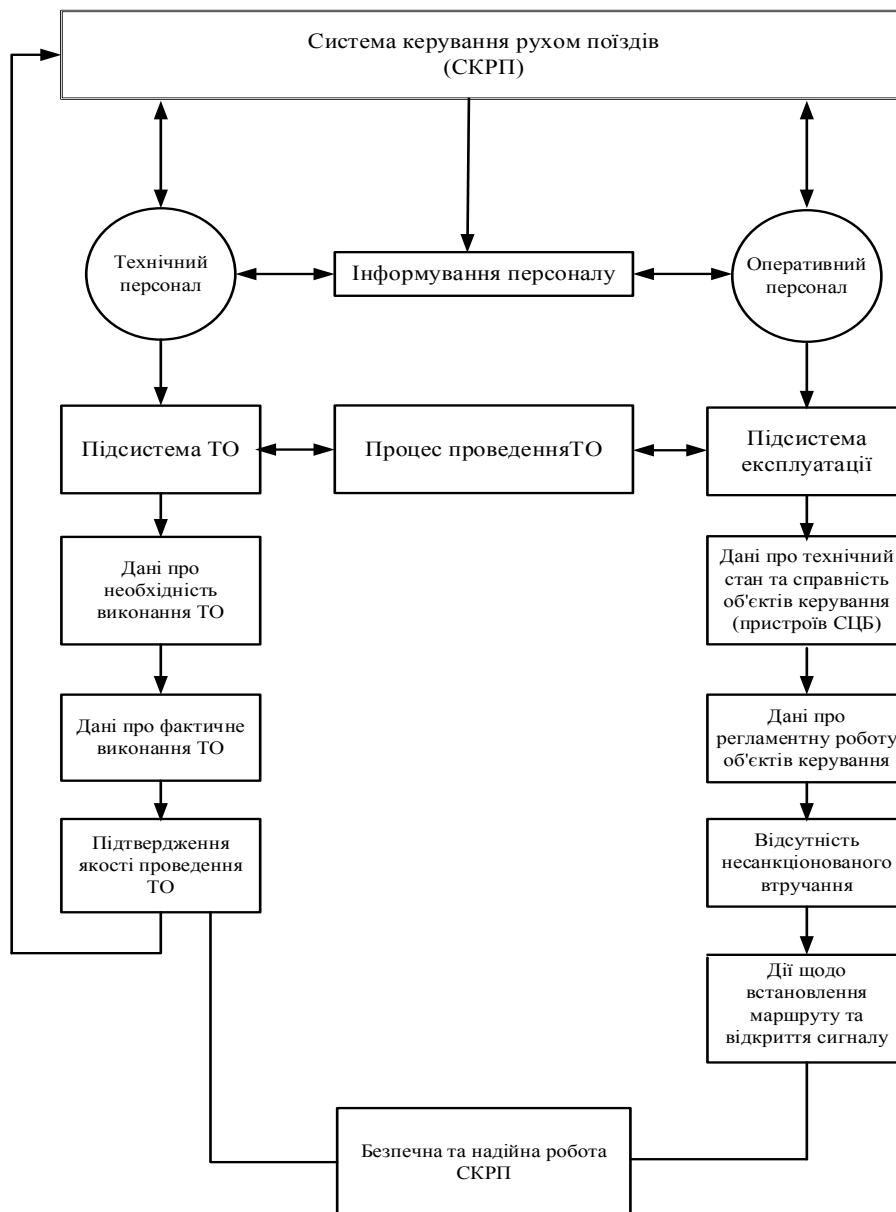


Рис. 3 – Блок-схема організації взаємодії СКРП і персоналу, з можливістю контролю його дій

Якщо подальші дії або бездіяльність людини-оператора будуть загрожувати безпеці функціонування СКРП, то виконання окремих функцій чи робота окремих компонентів системи може бути автоматично обмежена. Також СКРП повинна мати:

- можливість вирішення проблемних питань, де вже є накопичений позитивний досвід їх вирішення, або ж «підвищувати» кваліфікацію у процесі вирішення проблеми, тобто бути такою, що самонавчається;
- декілька варіантів вирішення проблемних питань;
- можливість легкої зміни, корегування та модернізації окремих її компонентів та легкого адаптування до умов, що змінюються.

Інтеграція в систему керування існуючих практик і знань про її експлуатацію та обслуговування (Operation and maintenance, O&M) та наявні нові цифрові технології дозволяють отримати структурну блок-схему СКРП з новими можливостями, в якій вбудовані функції оперативного моніторингу дій персоналу, моніторингу роботи системи та її технічного обслуговування (рис. 4).

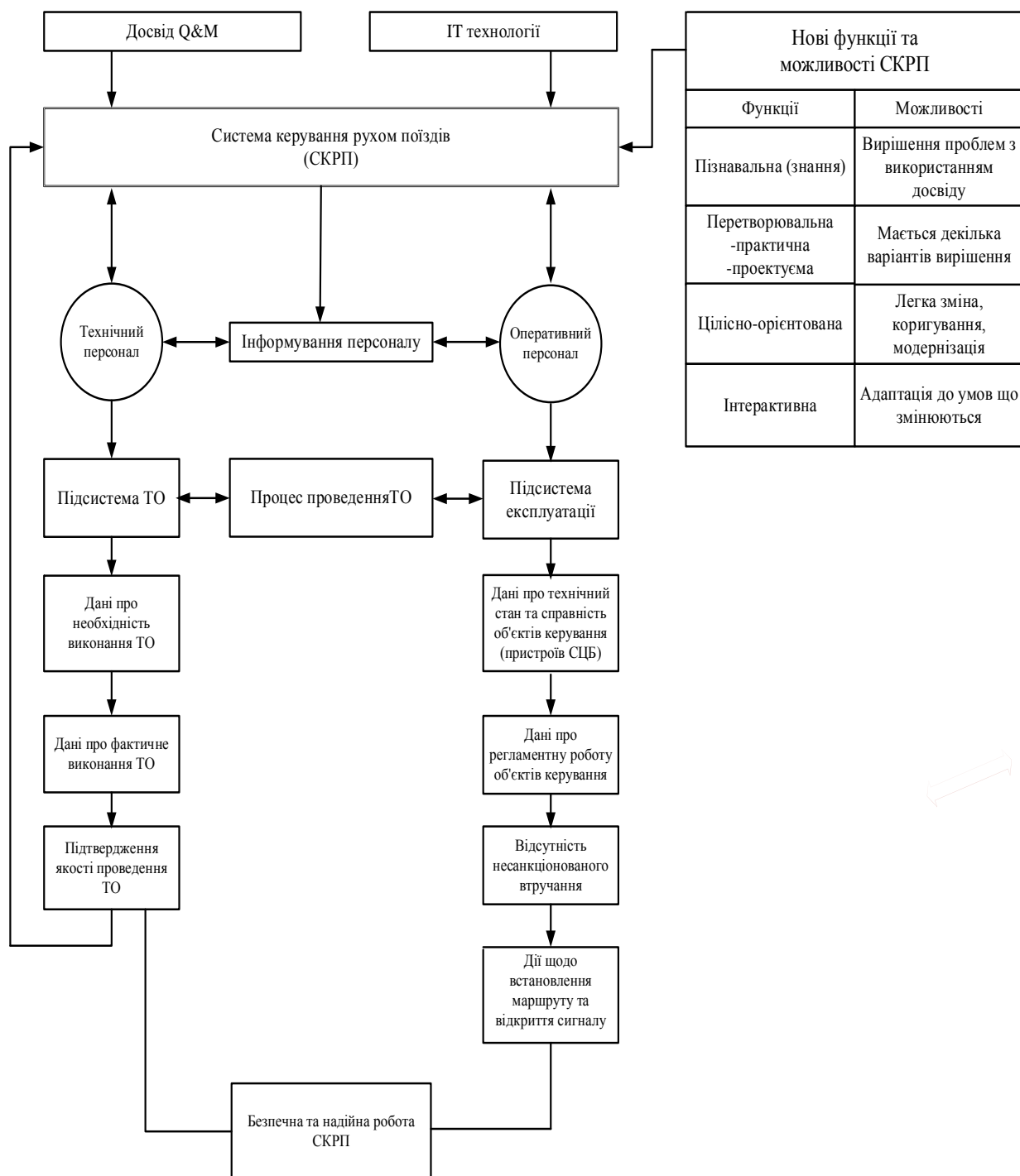


Рис. 4 – Удосконалена блок-схема СКРП з розширеними функціями

Промисловий Інтернет речей (IIoT), штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML), Digital Twins, Big Data предиктивна аналітика та обслуговування системи є основними інструментами щодо розширення функцій СКРП та надання можливості переходу до Технічного Обслуговування 4.0 (ТО4.0), яке має змінити сам підхід до експлуатації як технічних засобів залізничного транспорту, так і промисловості в цілому. Це дозволить максимізувати час безперебійної роботи систем керування за рахунок мінімізації їх незапланованого та реактивного обслуговування.

Створена перспективна структурно-логічна схема СКРП наведена на рисунку 5.

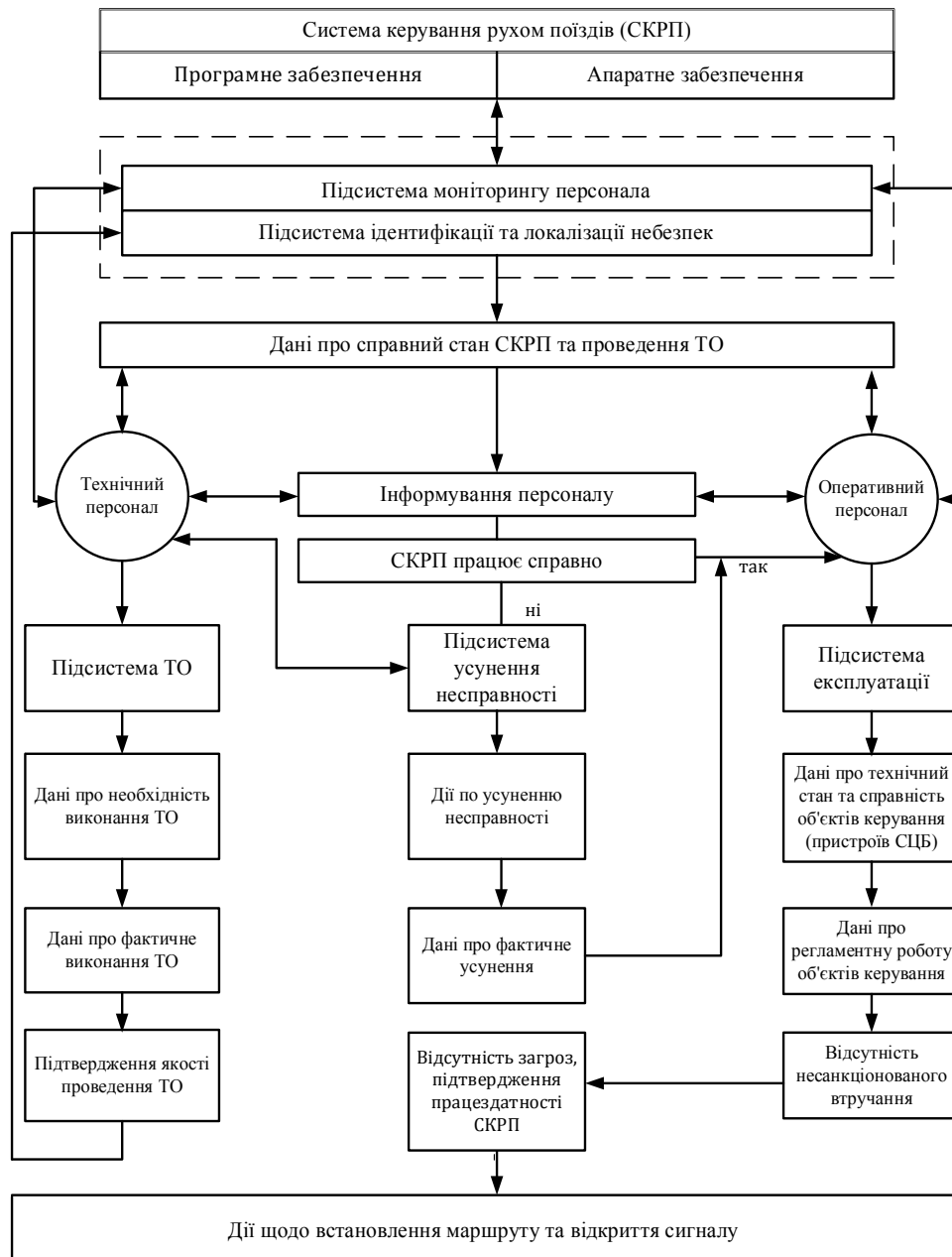


Рис. – 5 Структурно-логічна схема побудови перспективної СКРП

Даний підхід додатково передбачає реалізацію процедур автоматичного інформування технічного й експлуатаційного персоналу про параметри функціонування системи та автоматичного контролю сприйняття персоналом інформаційно-керуючих повідомлень і фіксації реакції на них за рахунок:

- 1) Контроля дій персоналу:
 - автоматичне ідентифікування особи;
 - визначення локації особи під час виконання робіт з технічного обслуговування;
 - визначення часу проведення робіт;
 - визначення характеру робіт.
- 2) Оцінювання адекватності:
 - реагування персоналу на поточні завдання;
 - фіксація затримок у процесі виконання планових робіт;
 - фіксація помилок.

Система СКРП в режимі он-лайн надсилає персоналу повідомлення про режими реалізації своїх функцій. Зокрема для експлуатаційного штату надається інформація про виникаючі нештатні ситуації, попередження, зміни у роботі і т.п.

Технічний персонал інформується про:

- параметри функціонування системи;
- необхідність проведення регламентних робіт з технічного обслуговування пристроїв залізничної автоматики (терміни виконання та технології їх проведення);
- виникаючі нештатні ситуації.

Надалі здійснюється контроль виконання робіт, а саме:

- ідентифікується особа, що виконує роботу;
- час початку та закінчення робіт;
- фактичне знаходження персоналу саме у місці, де необхідно виконувати роботу;
- характер роботи, успішність виконання та дотримання вимог безпеки у процесі виконання.

Також в процесі виконання роботи оцінюється адекватність реакції персоналу за часом (запізнення або відтермінування), локацією, характером роботи та результатом.

Для забезпечення цих властивостей передбачається реалізація наступних процедур:

- реалізація функцій керування та контролю;
- інформування персоналу про параметри функціонування системи;
- перебої в проведенні ТО;
- нештатні події;
- сприйняття інформації персоналом;
- формування його реакції;
- контроль виконання робіт ТО;
- оцінка адекватності реакції персоналу;
- формування превентивних дій.

Підсистема моніторингу персоналу на основі запрограмованих критеріїв визначає адекватність поведінки, як експлуатаційного, так і технічного персоналу в поточній ситуації. Якщо є дії, які не відповідають ситуації (наприклад, спроби втрутитися в роботу виконавчих пристроїв при виконанні призначених їм функцій), підсистема видає попередження і в разі його ігнорування блокує відповідне небезпечне діяння за допомогою підсистеми ідентифікації та локалізації небезпеки.

Для реалізації схеми взаємодії персоналу та СКРП з використанням моніторингу їх діяльності запропоновано підхід, побудований на формально-множинному встановленні адекватності дій персоналу за визначеними критеріями, що заснований на ізоморфізмі множин станів і дій, визначення яких здійснюється з використанням апарату теорії груп і відносин.

Кожний компонент структурної блок-схеми (рис. 5) інтерпретується впорядкованим набором об'єктів, їх станами і властивостями. В рамках набору, класи еквівалентності формуються відповідно до структурно-функціональної ознаки. Для кожного класу відповідність встановлюється на рівні підсистем моніторингу персоналу та ідентифікації і локалізації небезпек, що доводиться з використанням теореми щодо перестановки елементів групи.

У той же час критерієм неадекватних дій будь-якого персоналу (оперативного або технічного) є порушення встановленого ізоморфізму, що виявлено цією підсистемою.

Окремо встановлюється адекватність комплексної взаємодії всіх компонентів СКРП. Для цього порівняння по парам виконується, з подальшим комплексним аналізом з використанням графоаналітичного методу, на основі синтезованої граф-моделі (рис. 6).

Вершини графів визначаються відповідно до схеми наведених на рисунку 5, таким чином:

- a_1 – підсистема технічного обслуговування;
- a_2 – підсистема експлуатації;
- a_3 – технічний персонал;
- a_4 – оперативний персонал;
- a_5 – підсистема моніторингу персоналу та ідентифікації і локалізації небезпеки;
- a_6 – апаратне забезпечення;

- a_7 – програмне забезпечення.

Отримана коректність визначається на основі порівняння фактичного упорядкованого набору посилок $Z = \{z_{ij}\}$ із еталонним, який закладений в підсистемі моніторингу персоналу та ідентифікації і локалізації небезпек.

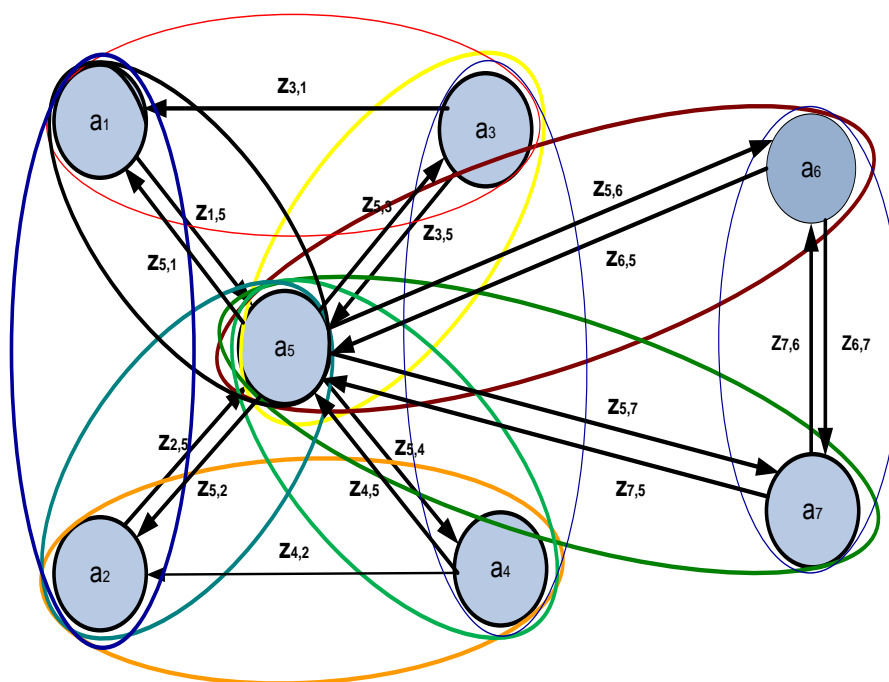


Рис. 6 – Графоаналітична модель комплексного визначення адекватності всіх компонентів взаємодії СКРП

Використання цієї моделі дозволяє надати СКРП ще більші можливості за рахунок оперативного моніторингу роботи системи, дій оперативного та технічного персоналу при проведенні її технічного обслуговування.

Висновки та пропозиції

Удосконалення методології побудови СКРП із застосуванням інструментів «Індустрія 4.0» та «Індустрія 5.0» дозволяє надати їм нових функцій. З'являється можливість здійснювати контроль роботи не тільки людини-оператора, а ще й технічного персоналу та подальшого аналізу їх дій. Організація інтерактивного режиму взаємодії системи керування з персоналом дозволить зменшити вплив «людського фактору» та в подальшому перейти до широкого впровадження інструментів «Індустрії 5.0». Світова перспектива створення «Суспільства 5.0» вже не буде вимагати виходу фахівців до об'єктів експлуатації, завдяки надання можливостей автоматичного інформування технічного і експлуатаційного персоналу про параметри функціонування системи та автоматичного контролю сприйняття персоналом інформаційно-керуючих повідомлень і фіксації реакції на них.

Підняте питання потребує подальших досліджень щодо надання системам можливості самонавчання, попередньо узгодивши його з забезпеченням належного рівня функційної безпеки, в частині унеможливлення реалізації небезпечних алгоритмів самонавчання.

Література

1. Lomotko D. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation / D. Lomotko, A. Kovalov, O. Kovalova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol. 6, iss. 3 (78). – P. 11-17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496>
2. Мойсеєнко В.І. Розвиток залізничних цифрових систем та технологій у контексті інженерії 4.0 / В.І. Мойсеєнко, О.М. Огар, В.В. Гаєвський // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2019. – № 3. – С. 11-20. DOI: 10.18664/ikszt.v0i3.170647

3. Спецификация и доказательство надежности, эксплуатационной готовности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS) для использования на железных дорогах : EN 50126-1:2017 CENELEC. – CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels, 2017. – 106 с.
4. Друзь В. А. Единая теория самоорганизующихся систем: монография / В.А. Друзь, В.Н. Самсонкин. – Київ : Талком, 2022. – 123 с.
5. Самсонкин В. К вопросу эффективного управления работой дистанций сигнализации и связи / В. Самсонкин, А. Бойник, А. Прогонный // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – № 16. – С. 95-105. <https://doi.org/10.15802/ecsrt2018/172671>
6. Заде Л.А. Основы нового подхода до аналізу складних систем та процесів прийняття рішення / Л.А. Заде // Математика сьогодні. – М.: Знання, 1974. – С. 5-49.
7. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338-353.
8. Самсонкін В.М. Моделювання в системах, що самоорганізуються / В.М. Самсонкін, В.О. Друзь, Є.С. Федорович. – Донецьк: Видавець Заславський А., 2010. – 104 с.
9. Бир Ст. Кибернетика и управление производством / Бир Ст.; пер. с англ. В.Я. Алтаева. – М.: Наука, 1963. – 276 с.
10. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / Месарович М., Такахара Я.; под ред. С. В. Емельянова. – М.: Мир, 1978. – 312 с.
11. Месарович М. Загальна теорія функціональних систем / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Медицина, 1984. – 224 с.
12. Теорія систем і системний аналіз: навч. посіб. / О.Балтовський, К.Ісмаїлов, О.Сіфоров, Г.Форос, О.Заєць; за заг. ред. Балтовського О. – Одеса: РВВ ОДУВС, 2021. – 156 с.
13. Системний аналіз інформаційних процесів: навч. посіб. / Варенко В.М., Братусь І.В., Дорошенко В.С., Смольников Ю.Б., Юрченко В.О. – К.: Університет «Україна», 2013. – 203с.
14. Прищак М. Психологія управління в організації: навч. посіб. / М. Д. Прищак, О. Й. Лесько [2-ге вид., перероб. і доп.]. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 150 с.
15. Ashby Ross W. An introduction to cybernetics. – London: Chapman & Hall ltd, 1957. – 295 p. URL <http://dspace.italica.cl/bitstream/1950/6344/2/IntroCyb.pdf> (дата звернення 14.10.2022).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мойсеєнко Валентин Іванович,
д.т.н., професор, завідувач кафедри
«Спеціалізовані комп'ютерні системи»
Українського державного університету
залізничного транспорту.
Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
E-mail: mvi53@ukr.net.
ORCID ID: 0000-0003-1377-8703.

Ломотько Деніс Вікторович,
д.т.н., професор, завідувач кафедри
«Транспортні системи та логістика»
Українського державного університету
залізничного транспорту.
Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
E-mail: den@kart.edu.ua.
ORCID ID: 0000-0002-7624-2925

Гаєвський Віталій Вікторович,
к.т.н., ТОВ «НВП «Залізничноматика».
Просп. Науки, 36, м. Харків, 61166, Україна.
E-mail: gaevskiyv54@gmail.com.
ORCID ID: 0000-0001-7294-5706.

УДК 338.47.656.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-16-26

Д-р екон. наук Мельник Т. С.

Канд. екон. наук Христофор О. В.

Канд. екон. наук Вільчинська О. М.

РОЛЬ МАРКЕТИНГУ В ПОДОЛАННІ ПРОБЛЕМ ПІДСОБНО-ДОПОМІЖНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛІВ УКРАЇНИ

THE ROLE OF MARKETING IN OVERCOMING THE PROBLEMS OF ANCILLARY ACTIVITIES OF RAILWAY STATIONS IN UKRAINE

Ключові слова: залізничний вокзал, вокзальний комплекс, транспортне обслуговування пасажирів, додаткові послуги, маркетинг пасажирських перевезень, маркетингові дослідження.

Постановка проблеми

Розвиток транспортної інфраструктури України обумовлений перспективними процесами її приєднання до Європейського простору. Крім того, залізничний транспорт виступає однією з важливіших базових галузей економіки України, забезпечуючи переміщення вантажів і багатомільйонного населення в межах та за межі країни.

Важливе місце у транспортній інфраструктурі, зокрема, в пасажирському секторі, займають її вузлові елементи – залізничні вокзали і вокзальні комплекси. За сучасних тенденцій розвитку сервісної сфери економіки залізничні вокзали/вокзальні комплекси стають також важливим містоутворювальним елементом, багато в чому зумовлюючи напрямки і можливості подальшого розбудови населених пунктів. За таких умов питання впровадження нових технологій обслуговування відвідувачів вокзалів/вокзальних комплексів, розширення їх функцій, поліпшення архітектурно-художнього образу будівель, покращення організації транспортного руху, підвищення рівня комфорту для пасажирів та вирішення низки інших питань стають нагальною вимогою часу [1, с. 27-28].

Хронічною невирішеною проблемою функціонування вітчизняних вокзалів/вокзальних комплексів залишається збитковість їх підсобно-допоміжної діяльності, особливо тих, що знаходяться у середніх і малих містах. Поряд з наявною низькою доходністю, більшість цих структур мають значний потенціал для її нарощування, збільшення пасажиропотоку, залучення до своїх послуг платоспроможних клієнтів, покращення транспортного обслуговування пасажирів та посилення позитивного іміджу залізниці України. Але для цього потрібний новий підхід до обслуговування пасажирів та інших відвідувачів вокзалів/вокзальних комплексів. Таким чином, актуальним стає пошук шляхів удосконалення системи управління діяльністю залізничних вокзалів/вокзальних комплексів України з надання послуг їх основним споживачам.

Актуальність дослідження визначається також необхідністю удосконалення і розбудови залізничних вокзалів/вокзальних комплексів як вузлових елементів транспортної інфраструктури в умовах розвитку високошвидкісного руху та інтеграції України до Європейського Союзу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Підставою для опрацювання теми дослідження стали державні програми, затверджені законодавчими актами: «Про затвердження Концепції створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні» (ред. 2009 р.); «Про концепцію реформування місцевого самоврядування та територіальну організацію влади в Україні» (2014 р.); Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року (2017 р.); Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2030 року (2018 р.).

Дослідження спирається на здобутки сучасної науки у даній галузі знань, наявні методологічні розробки щодо розвитку сервісної сфери, зокрема, у транспортній структурі,

наукові праці провідних українських та іноземних вчених, які торкалися або детально висвітлювали питання формування та розвитку маркетингу, логістики і сервісології на залізничному пасажирському транспорті зокрема: Бакалінського О.В., Бараша Ю.С., О.Г. Дейнеки, Іщенко Л.М., Лаврика Г.І., Ломотька Д.В., Матусевича О.О., Міротіна Л.Ю., Мельник Т.С., Окландера М.А., Позднякової Л.О., Чаркіної Т.Ю. та ін. Дослідження проводилось у контексті робіт, присвячених вивченню залізничних вокзальних комплексів, таких авторів, як: З.Азаренкова, І.Древаль, М.Мищенко, В.Мироненко, О.Овчиннікова, С.Пшінько, Л.Швець, А.Conceição, A.Perić, J.Preec, B.Scholl та ін.

Не дивлячись на значну кількість праць з досліджуваної тематики, практичні проблеми ефективного функціонування вітчизняних залізничних вокзалів/вокзальних комплексів та покращення транспортного обслуговування пасажирів розглянуті недостатньо і залишаються здебільшого не вирішеними.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми

Проблема подолання збитковості неосновної (підсобно-допоміжної) діяльності вітчизняних вокзалів/вокзальних комплексів, як і залізничного пасажирського транспорту в цілому, за ряд років набула хронічного характеру. Це здається нелогічним за наявності значних площ, територій, персоналу, якими ці структури володіють, а також чисельної позитивної практики іноземних залізниць та інших видів вітчизняного транспорту (авіаційного, автомобільного).

Серед наукових праць українських дослідників нам не вдалося знайти відповіді на питання щодо шляхів удосконалення управління обслуговуванням пасажирів на залізничних вокзалах, кінцевим результатом якого було б збільшення привабливості залізничних пасажирських перевезень, підвищення доходності підсобно-допоміжної діяльності та задоволення споживачів допоміжних послуг. Розробок зарубіжних авторів з цього питання також не знайдено, мабуть, через відсутність такої проблеми. Однак для залізничних вокзалів/вокзальних комплексів України її подолання стає не стільки стратегічним завданням, скільки нагальною потребою сьогодення.

Мета статті

Метою статті є визначення основних проблем у сфері надання додаткових послуг та позначення шляхів удосконалення системи управління транспортним обслуговуванням пасажирів на залізничних вокзалах/вокзальних комплексах з урахуванням сучасних тенденцій їх розвитку.

Виклад основного матеріалу

В умовах прискореного розвитку ринку та постійного посилення конкуренції підприємствам залізничного комплексу доводиться діяти у важкій змінюваній ситуації. Тому успіх їх діяльності неможливий без постійного перегляду цільових, стратегічних і тактичних настанов. Орієнтиром функціонування підприємств залізничного транспорту України повинна стати не епізодична вигода (результат), а мета довгострокового порядку. Необхідно пристосовуватись до вимог і попиту пасажирів та активно впливати на них, регулюючи потребу як у пасажирських перевезеннях, так і в додаткових послугах для пасажирів. Управління діяльністю будь-якого підприємства повинне бути цілеспрямованим, базуватись на принципах маркетингу. Тож продаж додаткових послуг залізничних вокзалів/вокзальних комплексів потребує уваги, контактів, отримання інформації від пасажирів, тобто від потенційних і наявних споживачів цих послуг, у значно більшому ступені, ніж це необхідно для продажу поїзних документів [2, 3, 4, ін.]. Відсутність інформації про пасажирів, їх переваги і запити, рівень лояльності і ступінь задоволення призводить до необґрунтованого поповнення переліку додаткових послуг, а отже, необґрунтованого витрачання коштів вокзальної компанії.

З моменту створення у 2020 році філії «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця» в її складі було сформовано сектор маркетингу і реклами, який через різке зростання обсягів робіт філії у 2022 році було перетворено на однойменний відділ. Але жоден з його працівників не має спеціальної підготовки чи досвіду роботи у сфері маркетингу, тому не бачить потреби і користі від цієї діяльності, не в змозі довести керівництву філії актуальність маркетингових досліджень, обґрунтувати потенціал маркетингу у збільшенні доходності підсобно-допоміжної діяльності, успішності функціонування філії в цілому. Через це уся діяльність відділу маркетингу і реклами зводиться до підтримування контактів з наявними рекламодавцями і складання довідок про доходи від надання рекламних послуг.

Аналогічні довідки про доходи від підсобно-допоміжної діяльності та аналіз динаміки цих доходів веде відділ фінансового планування та економічного аналізу філії «Вокзальна компанія», виходячи з того, що всі послуги на залізничних вокзалах надаються в рамках єдиного бізнес-процесу з перевезення пасажирів, а зоною відповідальності філії є послуги в місцях посадки пасажирів на поїзд, послуги в місцях пересадки з одного поїзда на інший, послуги в місцях висадки (по прибуттю до кінцевого пункту). Зрозуміло, що додаткові послуги для пасажирів (підсобно-допоміжна діяльність) розглядаються зазначеним відділом лише як потенційна зона отримання доходів – без орієнтації на попит і споживачів цих послуг. Тому даний підрозділ, як і філію «Вокзальна компанія», влаштовує поділ послуг залізничних вокзалів на: основні – обумовлюються місією філії «Вокзальна компанія» і пов'язані з виконанням технологічних процесів зони її відповідальності; комерційні – спрямовані на отримання додаткових надходжень. При цьому платформою для надання основних послуг є B2B – бізнес для бізнесу, платформою для надання комерційних послуг є B2B – бізнес для бізнесу та B2C – бізнес для споживачів.

Комерційні послуги слугують додатковим джерелом фінансових надходжень філії «Вокзальна компанія» та включають:

- послуги для бізнесу (B2B) – оренда площ, приміщень; розміщення реклами на об'єктах вокзальної інфраструктури;
- послуги для відвідувачів вокзальних комплексів (B2C) – всі послуги, які надаються пасажиром в якості додаткових сервісів на платній основі (наразі це «підсобно-допоміжна діяльність»).

Ціноутворення на комерційні послуги здійснюється на основі калькуляцій. Філія «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця» має право самостійно регулювати номенклатуру та асортимент комерційних послуг, які пропонуються підпорядкованими виробничими підрозділами, орієнтуючись на запити пасажирів і попит. Однак таку інформацію потрібно отримувати постійно, щоб вона була актуальною, об'єктивною і повною. Її єдиним джерелом виступають маркетингові дослідження, які філія «Вокзальна компанія» не проводить власними силами і не в змозі організувати із залученням сторонніх маркетологів.

Відсутність у філії системи збору маркетингової інформації щодо транспортного обслуговування пасажирів на залізничних вокзалах призводить до суб'єктивного планування пропозиції додаткових послуг, попиту на них і доходів від підсобно-допоміжної діяльності. Якість проведення маркетингових досліджень і здійснення маркетингової діяльності залежать від кваліфікації працівників відповідних структурних підрозділів, а відсутність інформації, знань і досвіду у цій сфері примушує їх діяти навмання, частіше робити помилки, ніж вгадувати.

Слід відмітити, що така ситуація в пасажирському секторі вітчизняної залізниці мала місце не завжди: зі створенням наприкінці 2005 року у складі тоді ще Головного пасажирського управління Державної адміністрації залізничного транспорту України відділу маркетингу пасажирських перевезень у цьому транспортному сегменті поступово почав розвиватись маркетинг зі всіма його функціями і з 2008 року він запрацював повноцінно [5]. З того часу згаданий відділ, як і власне пасажирський сектор залізничного транспорту і вся залізниця пережили ряд організаційних перетворень, проте це не стало перешкодою для ведення маркетингової діяльності, а планові маркетингові дослідження більше 10 років здійснювались за 7 напрямками, по 22-24 тематиках, причому деякі з них у сервісній сфері економіки України і не тільки було запроваджено вперше. Крім планових досліджень, щомісячно проводилось від 2 до 6 позапланових, потреба в яких виникала в ході оперативної діяльності пасажирської служби Укрзалізниці. Нажаль, повноваження зазначеного відділу не дозволяли реалізовувати пропозиції і рекомендації, які розроблялись по результатах маркетингових досліджень або передбачались планами маркетингу. Однак користь від високоякісної діяльності цього відділу та аналогічних відділів у складі пасажирських служб залізниць України (нині – регіональних філій) була очевидною.

Одним з тематичних напрямків маркетингових досліджень, запроваджених на постійній основі ще у 2011 році, був сервіс на вокзалах. Цей напрям досліджень вводився з метою контролювання рівня та якості сервісу, пропонованого пасажиром на вокзальних комплексах (вокзали позакласні та 1 класу), по аналогії з оцінкою сервісу в поїздах. Дослідження

здійснювались двічі за рік – у періоди так званих «пікових» перевезень: під час сезону масових літніх відпусток та під час святкових новорічних поїздок. В процесі дослідження оцінюванню підлягав кожний стратегічний бізнес-підрозділ (СБП), тобто кожний вид послуг вокзального комплексу. Анкети розповсюджувались у касових залах, залах очікування, сервісних центрах (за їх наявності), побутових приміщеннях (туалети, кімнати особистої гігієни), камерах схову, кімнатах тривалого відпочинку.

Починаючи з 2014 року були запроваджені також дослідження важливості і затребуваності послуг, пропонованих пасажиром вокзальними комплексами, з метою удосконалення товарно-асортиментної і цінової політики та її впливу на сервісні послуги, що мало сприяти збільшенню обсягів реалізації і доходів від цих послуг [6, 7].

Обидва напрями досліджень здійснювались до самого припинення існування маркетингових підрозділів у пасажирському секторі вітчизняного залізничного транспорту внаслідок чергової оптимізації. Результати зазначених досліджень були досить змістовними і показовими, особливу користь мав їх розгляд у динаміці, а більшість зроблених висновків і наданих пропозицій досі не втратили своєї актуальності, тому наводимо їх у стислому вигляді у таблиці 1.

Табл. 1 – Результати маркетингових досліджень щодо рівня та якості сервісу на залізничних вокзалах України, важливості і затребуваності вокзальних послуг

Період проведення маркетингового дослідження, рік і місяць	Кількість респондентів, осіб	Результати/пропозиції
Маркетингові дослідження щодо оцінювання рівня та якості сервісу на залізничних вокзалах/вокзальних комплексах		
2011, грудень	9598	За рядом характеристик послуги отримали прийнятні оцінки, однак цілий ряд з них потребував покращення. При цьому покращення якості сервісу на вокзалах можна досягти без залучення додаткових коштів – за рахунок підвищення відповідальності контактного персоналу і більш ретельного виконання ними своїх службових обов’язків.
2012, липень	6787	За рядом характеристик послуги отримали достатньо високі оцінки, причому відносно попереднього анкетування вони покращились. Однак ряд характеристик потребував подальшого удосконалення, оскільки від цього залежав загальний рівень та якість обслуговування пасажирів і загалом попит на залізничні пасажирські перевезення.
2012, грудень	6045	За рядом характеристик послуги зберігають достатньо високі оцінки, причому відносно попереднього анкетування вони в основному покращились. Решта висновків і пропозицій – аналогічні попередньому анкетуванню.
2013, червень	7386	Дослідження показало подальше покращення окремих характеристик послуг вокзальних комплексів, однак і наявність слабких місць та недоробок. Підкреслено необхідність врахування того факту, що пасажирів з даного моменту і в подальшому, оцінюючи якість і рівень обслуговування на залізничному транспорті, підсвідомо стали порівнювати його з рівнем сервісу на конкурентних видах транспорту і навіть з якістю обслуговування у зовсім інших сферах надання послуг (не транспортних) для населення.
2013, грудень	6990	Високі результати здійсненого дослідження виявили цілий ряд характеристик, які потребували подальшого покращення: як і раніше, це був температурний режим і свіжість повітря у всіх СБП, з’явилося більше претензій до оперативності обслуговування касирами, великих черг до кас, до технічного стану автоматичних камер схову та повноти інформації для пасажирів, набагато частіше пасажирів були незадоволені вартістю послуг (туалетів, камер схову, перебування у сервіс-центрах, проживання у кімнатах відпочинку, матері та дитини). Відчувалось зростання вимог

		пасажирів до якості обслуговування на залізничному транспорті.
2014, грудень	5260	Загальне зниження рівня сервісу для пасажирів на вокзалах. Погіршення оцінок туалетів (кімнат особистої гігієни) і залів очікування, скоріше, пов'язане з матеріально-технічним станом цих СБП, що підтвердилось результатами експертних перевірок вокзального сервісу, здійснених маркетологами під час проведення польового дослідження. Зниження оцінок характеристик сервісних центрів, кімнат тривалого відпочинку (матері та дитини, готелів) і камер схову (автоматичних та ручних) здебільше викликане тим, що пасажирів вважали вартість цих послуг невідповідною їх якості.
2015, грудень	5940	Результати анкетування засвідчили загальне зниження рівня сервісу для пасажирів на вокзалах. Виявлено послуги, які потребували першочергової уваги та покращення. Рекомендовано посилити контроль за оснащенням миючими і санітарно-гігієнічними засобами туалетів та інших побутових приміщень, а також зобов'язати кассирів надавати пасажирів в повному обсязі інформацію щодо оплачених ними послуг при купівлі проїзного документу (пасажирів масово не знали, що вартість чаю стягнута кассиром і послуга оформлена в проїзному документі).
2017, червень	8323	Відбулось падіння попиту на більшість додаткових послуг вокзалів, включаючи традиційно затребувані. Мала місце відсутність попиту на цілу низку додаткових послуг, наявних у пропонованому переліку. Стало відчутним інтенсивне зростання вимог пасажирів до якості вокзального сервісу. Почастішали випадки переходу споживачів на користування окремими сервісами інших компаній, в тому числі нетранспортної сфери.
Маркетингові дослідження щодо важливості і затребуваності послуг, пропонованих залізничними вокзалами/вокзальними комплексами		
2014, травень	8724	За результатами досліджень запропоновано: - зважаючи на найвищу частоту користування послугами довідкових бюро та їх 1-е рейтингове місце, доцільне надання міських довідок за відповідну плату; - окремому вивченню підлягає питання організації обслуговування у сервісних центрах, яким за важливістю пасажирів відвели 2-е місце, однак користувались ними дуже рідко, що потребувало виявлення причин такого протиріччя; - цінова політика щодо послуги оформлення проїзних документів у більш комфортних умовах сервісних центрів різна по всій мережі вокзалів навіть в межах залізниць (нині – регіональних філій), не у всіх сервіс-центрах така плата встановлена; - на чисельні побажання респондентів доцільно розглянути раціональність функціонування міні-буфетів при сервісних центрах, а також можливість забезпечення доступу до мережі Інтернет, наявності Wi-Fi; - внаслідок найнижчої частоти користування і важливості кімнат тривалого відпочинку і кімнат матері та дитини для стимулювання попиту на їх послуги доцільно запровадити оплату з розбивкою від 6 годин з розрахунковою годиною від моменту поселення на всіх вокзалах та у всіх кімнатах (номерах); - розпочати встановлення розрахункових терміналів з поступовим переведенням оплати через них усіх послуг.
2014, листопад	6682	Запропоновано: - провести ремонтно-оздоблювальні роботи у тих СБП, які цього нагально потребують; - опрацювати питання покращення побутових умов у кімнатах тривалого відпочинку з тим, щоб вони відповідали встановленій вартості і вимогам користувачів;
		- опрацювати питання підвищення рівня комфорту і додаткового сервісу у сервісних центрах до рівня плати за користування послугами сервісних центрів;

		<ul style="list-style-type: none"> - посилити контроль за якістю робіт аутсорсингових компаній щодо прибирання вокзальних приміщень, обслуговування туалетів та інших побутових приміщень; - провести роботу з касирами (інструктаж, тренінги та інші форми навчання) щодо культури спілкування, професійної етики і т. п.
2015, травень	8140	<p>Результати досліджень та пропозиції:</p> <ul style="list-style-type: none"> - частота користування послугою продажу продуктів харчування та її 3-є рейтингове місце вказують на доцільність збільшення санкціонованих пунктів продажу продуктів харчування та, особливо, пунктів громадського харчування у формі закладів швидкого обслуговування, кафе і т. п. Перехресні перевірки рівня вокзального сервісу показали наявність на ряді залізничних вокзалів вільних площ для надання їх в оренду подібним закладам; - окремому вивченню підлягає питання організації обслуговування у сервісних центрах, якими пасажери користувались все рідше. Потребують перегляду та удосконалення асортиментна і цінова політики на послуги сервісних центрів; - враховуючи вимоги часу, розвиненість Інтернет-технологій і чисельні побажання респондентів, потрібно було розпочати роботи із запровадження на залізничних вокзалах Wi-Fi; - кімнати тривалого відпочинку і кімнати матері та дитини отримали найнижчу частоту користування і за ступенем важливості зайняли передостаннє місце, тому для стимулювання попиту на них необхідно було змінити розрахункову політику. Потребують впорядкування і приведення у відповідність категорійність номерів, рівень комфорту та вартість користування ними; - враховуючи значне зниження попиту на користування платними залами очікування, вимагають перегляду як цінова політика, так і наявність у таких залах додаткового комфорту, за який стягується плата.
2016, травень	6491	Пропозиції за результатами досліджень:
2016, грудень	6843	<ul style="list-style-type: none"> - переглянути та удосконалити як асортиментну, так і цінову політику на послуги сервісних центрів; - розпочати роботи із запровадження на вокзалах Wi-Fi; - впорядкувати і привести у відповідність категорійність номерів у кімнатах тривалого відпочинку і кімнатах матері та дитини, рівень комфорту та вартість користування ними.

Джерело: сформовано авторами на підставі даних власно організованих маркетингових досліджень протягом 2011-2017 рр.

З метою покращення основної складової транспортного обслуговування пасажирів на залізничних вокзалах ще з 2008 року на постійній основі було запроваджене маркетингове дослідження на тему «Способи резервування, оформлення та оплати проїзних документів, глибина їх продажу». Введення даної тематики маркетингових досліджень було викликане розвитком Інтернет-технологій і введенням он-лайн продажу проїзних документів на інших видах транспорту далекого сполучення. Поряд з основним питанням – перспективи електронних квитків та «букінгу» на пасажирському залізничному транспорті – вивчалися інші питання, пов'язані з удосконаленням послуги резервування (бронювання), оформлення та оплати проїзних і перевізних документів, включаючи питання доцільності: відображення персональних даних на проїзному документі; пред'явлення особистих документів при оформленні квитка, посадці, під час поїздки; функціонування пересувних квиткових кас у місцях масового відпочинку населення; продажу проїзних документів через відділення «Укрпошти». Коло перелічених питань вказує на загальну спрямованість організованих в пасажирському секторі маркетингових досліджень на виявлення справжніх переваг і запитів пасажирів, а також зацікавленість маркетингових підрозділів у покращенні транспортного обслуговування пасажирів і передусім – на залізничних вокзалах, з яких починається користування залізничним транспортом.

Після розформування відділів маркетингу в пасажирському секторі АТ «Укрзалізниця» очільники цього напрямку діяльності були залучені до організації у 2019-2020 роках співпраці зі сторонньою спеціалізованою маркетинговою компанією для проведення маркетингових

досліджень, аналогічних тим, що здійснювались власними силами маркетологів залізниці. Їх висновки і рекомендації абсолютно збігаються з наданими маркетологами Департаменту з організації внутрішніх та міжнародних пасажирських перевезень в період існування в його складі пасажирського маркетингу і також не були реалізовані – в даному випадку внаслідок браку часу та через зміни у керівництві.

Маркетингові дослідження, організовані у співпраці зі сторонньою компанією, ставили за мету оцінити рівень задоволення/незадоволення пасажирів залізниці та виявлення причин – тобто атрибутів, які створюють слабкі і сильні сторони транспортного обслуговування на залізничних вокзалах країни. Одночасно із запровадженням методики «таємний покупець» (виконувалось сторонньою маркетинговою компанією) та моніторингу якості вокзальних сервісів (здійснювався власними силами пасажирського сектору АТ «Укрзалізниця») результати всіх трьох способів маркетингових досліджень слугували основою розробки і формування програм і планів розвитку транспортного обслуговування клієнтів, які базувались саме на прагненнях і бажаннях споживачів послуг залізниці. Такий підхід спонукав появу нових та удосконалення технології надання традиційних послуг таким чином, щоб вони максимально відповідали як вимогам часу і розвитку інтернет-технологій, так й очікуванням споживачів. Нажаль, відсутність маркетингової функції і фахівців, здатних її виконувати, у складі філії «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця» поки що не дозволяє розвивати підсобно-допоміжну діяльність у бажаному напрямку.

Маркетинг залізничних пасажирських перевезень являє собою систему управління, спрямовану на максимально повне та ефективне задоволення транспортних потреб населення [8, 9, 10, ін.]. Він включає у себе: аналіз стану і динаміки споживчого попиту на ринку транспортних послуг для населення; виявлення і дослідження споживчих потреб; дослідження зовнішнього середовища; оцінку рівня конкуренції на транспортному ринку; визначення місткості ринку транспортних послуг для населення і ринкової частки (в тому числі відносної) залізничного транспорту; проведення сегментації ринку; виявлення існуючих і перспективних сегментів ринку; дослідження пасажиропотоків і виявлення сполучень з незадоволеним попитом; розробку і просування на ринку нових сервісів для пасажирів; тарифно-цінову політику для транспортної і сервісних послуг; інформаційно-рекламну підтримку і супровід пасажирів; дослідження детермінантів споживчої цінності транспортної послуги; методи стимулювання попиту на транспортні і сервісні послуги для пасажирів [11].

Результатом цієї роботи є прийняття обґрунтованих управлінських рішень, які дозволяють утримувати наявних пасажирів і залучати нових за рахунок створених (посилених) конкурентних переваг і надання населенню послуг бажаного рівня якості. Зрозуміло, що отримання такого результату було би неможливим без маркетингових досліджень, які лежать в основі всієї маркетингової діяльності у сфері пасажирських перевезень.

Задля досягнення за допомогою маркетингових досліджень встановлених цілей і вирішення поставлених завдань у залізничних пасажирських перевезеннях проводиться аналіз результатів маркетингових досліджень всіх об'єктів, а саме – аналіз результатів маркетингових досліджень послуг, який включає:

- аналіз рівня та якості надання послуг,
- аналіз корисних властивостей послуг,
- аналіз споживчої цінності і рівня затребуваності послуг,
- аналіз лояльності споживачів до послуг (товарів, їх марок),
- аналіз ступеня задоволення споживачів послугами [10, с. 86]

Оскільки нещодавно створена філія «Вокзальна компанія» не має у цій сфері досвіду і знань, запропонуємо власне бачення становлення і функціонування маркетингу на залізничних вокзалах/вокзальних комплексах України.

Головними проблемами у сфері надання додаткових послуг (підсобно-допоміжної діяльності) залізничними вокзалами/вокзальними комплексами країни, з нашої точки зору, сьогодні слід вважати такі:

- (1) недостатній попит на більшість платних послуг;
- (2) тривала відсутність попиту на окремі послуги;
- (3) низька платоспроможність переважної частини клієнтів;

- (4) незадоволення відвідувачів умовами перебування на залізничних вокзалах;
 (5) недостатня якість надання ряду послуг;
 (6) зниження лояльності до залізничного транспорту: різко проявилась до нинішньої політичної ситуації, але наразі помітно зросла у зв'язку з величезною роллю залізниці, тому в даний час цю проблему можна визначити як недостатню для надійного утримування клієнтів лояльність;
 (7) недостатня поінформованість щодо послуг на вокзалах;
 (8) зростання витрат (високі витрати) з надання послуг.

Всі зазначені проблеми безпосередньо впливають на доходність і рентабельність додаткових послуг (підсобно-допоміжної діяльності), що не дає змоги досягти їх планових значень і, тим більше, зростання по багатьох залізничних вокзалах та їх СБП. Шляхи подолання перелічених проблем, які нам бачаться найбільш раціональними, зведено до таблиці 2.

Табл. 2 – Шляхи подолання проблем у сфері надання додаткових послуг на залізничних вокзалах/вокзальних комплексах України

Проблема	Оптимальний варіант подолання проблеми	Необхідні активності
1. Недостатній попит на більшість платних послуг	Виявлення причин недостатнього попиту та розробка заходів щодо їх усунення	Маркетингові дослідження (польові)
		Маркетинговий та економічний аналіз
		Моніторинг позитивних практик
2. Тривала відсутність попиту на окремі послуги	Перепозиціонування послуг з відсутнім попитом на підставі їх модернізації, ребрендинг послуг	Удосконалення технологій надання послуг, модернізація послуг
		Маркетинговий аналіз, пробний маркетинг
		Рекламування, ребрендинг
3. Низька платоспроможність переважної частини клієнтів	Формування обґрунтованої і гнучкої цінової політики, орієнтованої на різні споживчі сегменти	Дослідження цінової еластичності попиту на додаткові послуги
		Дослідження сезонності попиту на додаткові послуги
		Аналіз витрат
		Формування цінової політики з урахуванням еластичності попиту
4. Незадоволення відвідувачів умовами перебування на залізничних вокзалах	Запровадження моніторингу задоволення/ незадоволення умовами перебування на вокзалах і системи оперативного реагування та усунення причин незадоволення	Маркетингові дослідження (польові) у сполученні з «таємним покупцем»
		Розробка стандартів для вокзальних СБП
5. Недостатня якість надання ряду послуг	Виявлення причин недостатньої якості послуг та пошук можливостей її підвищення, встановлення і підтримування оптимального співвідношення «ціна – якість», розробка і запровадження стандартів послуг, що пропонуються на залізничних вокзалах	Моніторинг якості надання послуг
		Маркетингові дослідження розвитку додаткових сервісів з точки зору клієнтів (методом фокус-груп)
		Розробка стандартів на додаткові послуги вокзалів
		Виявлення граничних цін і споживчої цінності послуг
6. Недостатня для надійного утримування клієнтів лояльність до	Виявлення причин зниження лояльності, активізація соціального маркетингу на вокзалах, посилення взаємодії	Маркетингові дослідження (польові) рівня індексу лояльності клієнтів NPS (<i>Net Promoter Score</i>)

залізничного транспорту	зі ЗМІ, підтримка іміджу з використанням ресурсу офіційного веб-сайту АТ «Укрзалізниця»	Систематичне здійснення заходів із соціального маркетингу
7. Недостатня поінформованість щодо послуг на вокзалах	Вибір найбільш ефективних каналів комунікації з клієнтами, їх розвиток, залучення нових джерел поширення інформації, активізація реклами власних послуг, встановлення зворотного зв'язку з клієнтами	Розвиток каналів комунікації з клієнтами
		Таргетування каналів комунікації з клієнтами і цільовими аудиторіями
		Рекламування послуг залізничних вокзалів, корпоративна реклама
		Постійна взаємодія зі ЗМІ
8. Зростання витрат (високі витрати) з надання послуг	Запровадження факторного і кореляційного аналізу витрат з наступним пошуком шляхів їх зниження, таргетування витрат на основні і додаткові послуги вокзалів	Ведення блоку на офіційному сайті АТ «Укрзалізниця», систематична його актуалізація та удосконалення
		Систематичний факторний і кореляційний аналіз витрат на додаткові послуги
		Формування та оптимізація споживчої цінності додаткових послуг
		Систематичне таргетування витрат на додаткові послуги та оптимізація набору (переліку) пропонованих послуг

Джерело: розроблено і запропоновано авторами.

З матеріалів, наданих у таблиці 2, видно, що в реалізації активностей і шляхів подолання існуючих проблем у сфері надання додаткових послуг у залізничних вокзалах/вокзальних комплексах України мають бути задіяні такі структурні підрозділи філії «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця» як: відділ маркетингу, відділ організації обслуговування пасажирів на вокзалах, відділ фінансового планування та економічного аналізу, відділ рекламної діяльності (реклами та рекламних послуг). Для виконання окремих завдань на нетривалий термін слід залучати незалежні (сторонні) спеціалізовані маркетингові компанії.

Очевидно, що провідна роль в організації діяльності, спрямованої на подолання проблем підсобно-допоміжної діяльності вокзалів/вокзальних комплексів належить маркетинговому підрозділу, який наразі відсутній у складі філії «Вокзальна компанія», а існуючий відділ маркетингу та реклами не виконує жодної маркетингової функції. Крім того, його рекламна діяльність зводиться суто до звітування про доходи від комерційної реклами – у той час як головним завданням цього відділу повинна бути корпоративна реклама, тобто рекламування та інформування клієнтів щодо пропонованих залізничними вокзалами/вокзальними комплексами послуг із застосуванням усіх можливих засобів поширення інформації.

Висновки і пропозиції

Зважаючи на вищезазначене, вважаємо за доцільне і вкрай необхідне виділення маркетингової складової та створення відділу маркетингу у складі філії «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця». Ця пропозиція ґрунтується на такому:

- маркетингова інформаційна система слугує єдиним джерелом отримання достовірних відомостей щодо зовнішнього середовища компанії;
- маркетингова діяльність забезпечує керівництво всіх рівнів та різних функціональних напрямів актуальними даними, необхідними для вироблення обґрунтованих управлінських рішень;
- відсутність маркетингової складової в діяльності філії «Вокзальна компанія» не дозволяє виконувати на потрібному рівні та в потрібному обсязі необхідних для ефективної управлінської діяльності функцій – аналітичну, прогностичну, дослідницьку, пошукову, комунікаційну, стратегічну та ін.;
- безсистемно і вкрай рідко (здебільше в екстремальному порядку) здійснювані соціологічні дослідження (за існуючої потреби в маркетингових), з використанням сумнівних неадаптованих методологій, мають низьку практичну цінність для практичного застосування в діяльності філії.

Отже, невиконання маркетингових функцій відділом маркетингу та реклами у структурі філії «Вокзальна компанія» АТ «Укрзалізниця», крім браку в маркетинговій інформації при формуванні стратегічних і поточних функціональних планів та прийнятті важливих управлінських рішень, тривалий час не дає змогу вирішити проблему недостатності попиту на додаткові послуги залізничних вокзалів і зниження їх збитковості.

Література

1. Швець Л.М. Містобудівні принципи формування залізничних вокзальних комплексів у структурі малих і середніх міст: дис. ... канд. архитект.: 18.00.04. – Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, 2017. – 252 с.
2. Іщенко Н.М. Маркетинг транспортних послуг : навч. посіб. для студ. спеціальності «Економіка підприємства» / Н.М. Іщенко. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – 272 с.
3. Кучерук Г.Ю. Якість транспортних послуг: управління, розвиток та ефективність : монографія / Г.Ю. Кучерук. – Київ: ДЕДУТ, 2011. – 208 с.
4. Ломотько Д.В. Розвиток сервісу в умовах транспортно-пересадочних вузлів на залізничних магістралях / Д.В. Ломотько // Матеріали VI науково-практичної конференції «Маркетинг і логістика в системі менеджменту пасажирських перевезень на залізничному транспорті», 27-29 вересня 2016 року, м. Запоріжжя. – К.: ПАТ УЗ, 2016. – С. 31-34.
5. Мельник Т.С. Маркетингові дослідження в секторі пасажирських перевезень у 2015 році та їх основні результати / Т.С. Мельник // Вагонний парк. – 2016. – № 3-4 (108-109). – С. 61-64.
6. Мельник Т.С. Маркетингові дослідження в секторі пасажирських перевезень у 2015 році та їх основні результати (продовження) / Т.С. Мельник // Вагонний парк. – 2016. – № 5-6 (110-111). – С. 60-64.
7. Мельник Т.С. Маркетингові дослідження в секторі пасажирських перевезень у 2015 році та їх основні результати (закінчення) / Т.С. Мельник // Вагонний парк. – 2016. – № 7-8 (112-113). – С. 58-64.
8. Окландер М.А. Маркетингові аспекти реформування залізничного транспорту: монографія / М.А. Окландер, І.О. Жарська. – Одеса: Астропринт, 2010. – 248 с.
9. Тесленко Т.В. Адаптація маркетинга вокзальних комплексів залізничного транспорту України к європейським вимогам в контексті розвитку залізничного туризму / Т.В. Тесленко // Mokslas ir praktika: Aktualijos ir perspektyvos : матеріали междунар. научно-практ. конф., 9-10 мая 2019. – Kaunas: Lietuvos sporto universitetas, 2019. – С. 266-273.
10. Мельник Т.С. Методологія маркетингових досліджень у залізничних пасажирських перевезеннях далекого сполучення: дис. ... докт. екон. наук 08.00.04. – Київ: Національний транспортний університет, 2020. – 629 с.
11. Положення про відділ маркетингових досліджень планово-аналітичного управління Головного пасажирського управління Укрзалізниці. – [Затв. 03.12.2013]. – Київ: ДАЗТУ, 2013. – 6 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мельник Тетяна Степанівна,

д.е.н., менеджер відділу методології та розвитку закупівельної функції
Управління методології та аналізу
Департаменту закупівель АТ «Укрзалізниця».
Повітрофлотський просп., 23, м. Київ, 03049,
Україна.
Тел.: +38 044 309 66 89.
E-mail: t.melnik@uz.gov.ua.

Христофор Олег Вікторович,

к.е.н., доцент, менеджер – начальник відділу
фінансового планування та економічного
аналізу філії «Вокзальна компанія»
АТ «Укрзалізниця».
Вул. Вокзальна, 1, м. Київ, 01032, Україна.
Тел.: +38 044 309 77 50.
E-mail: khrystofor@uz.gov.ua.

Вільчинська Олена Миколаївна,
к.е.н., доцент, доцент кафедри правознавства
та гуманітарних дисциплін
Вінницького навчально-наукового інституту економіки
Західноукраїнського національного університету.
Вул. Гонти, 37, м. Вінниця, 21017, Україна.
Тел. +38 067 900 37 71.
E-mail: vilchynskaolena@gmail.com.

Новини АТ «Укрзалізниця»

НОВИНИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ NEWS OF STANDARDIZATION

Протягом 2022 року в Україні було прийнято ряд важливих постанов Кабінету міністрів України в галузі стандартизації. А саме, 11.05.2022 набрала чинності постанова кабінет міністрів України від 3 травня 2022 р. № 526 за якої Україна з 02.06.2023 р. виходить з Угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації в країнах СНД, вчиненої 13 березня 1992 р. в м. Москві. У зв'язку з наведеним була підписана та набрала чинності постанова Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2022 р. № 392 про припинення дії Угод про співробітництво в галузях стандартизації, метрології і сертифікації між Урядом України і Урядом Російської Федерації, вчиненої 14 березня 1994 р. у м. Москві, та з Урядом Республіки Білорусь, вчиненої 16 червня 1994 р. у м. Гомелі

В грудні минулого року вийшов наказ ДП «УкрНДНЦ» від 28 грудня 2022 р. № 285 «Про пакетне прийняття європейських нормативних документів CEN/CENELEC», яким прийнято 20 268 європейських нормативних документів CEN/CENELEC, як національні нормативні документи, методом підтвердження, з наданням чинності з 31 грудня 2023 року. Цим наказом зобов'язано Технічні комітети стандартизації України визначити національні стандарти, положення яких суперечать положенням європейських стандартів CEN/CENELEC, прийнятих згідно з додатком до цього наказу, та надати до ДП «УкрНДНЦ» протоколи засідань щодо їх скасування до 01 липня 2023 року. Зазначений наказ та додаток до нього оприлюднені на офіційному сайті ДП «УкрНДНЦ».

УДК 625.143.5

DOI: 10/34029/2311-4061-2023-146-1-27-33

Інженери Демченко С.М., Татуревич А.А., Макаров Ю.О.

ВПЛИВ РІЗНИХ ТИПІВ ПРОМІЖНИХ РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗНОСУ РЕЙОК В КРИВИХ ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ

THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF INTERMEDIATE RAIL FASTENERS ON THE INTENSITY OF WEAR OF RAILS IN CURVED SECTIONS OF THE TRACK

Ключові слова: залізниця, колія, скріплення, рейки, знос рейок, інтенсивність бокового зносу, ширина колії, криві ділянки колії.

Вступ

Для залізниць України необхідні рейкові скріплення, які б забезпечували надійне прикріплення рейки до шпали, з малим відсотком виходу з ладу елементів скріплення, підтримували необхідну надійність кріплення рейки на протязі всього терміну експлуатації дільниці при невеликих експлуатаційних і матеріальних витратах, були зручні при монтажі, демонтажі та поточному утриманні колії та мали найменшу кількість деталей. Скріплення повинно забезпечити необхідну швидкість руху пасажирських та вантажних поїздів по рейковій колії, при безумовному забезпеченні безпеки руху.

До різних типів скріплення висуваються різні вимоги в залежності від умов експлуатації. В кривих ділянках, особливо в ділянках з радіусами $R=650$ м і менше, де існує проблема бокового зносу рейок, регулювання ширини колії є невід'ємною частиною експлуатації скріплення. А в кривих ділянках колії з радіусами $R=450$ м і менше можливість регулювання ширини колії є обов'язковою при поточному утриманні колії. Чим краще скріплення буде мати можливість регулювання ширини колії, тим простіше його буде утримувати на всьому протязі експлуатації у кривих ділянках.

Дослідження інтенсивності бокового зносу рейок в складних умовах плану і профілю залізничної колії

Проходження залізничного екіпажу по кривій ділянці колії можливо розділити на три етапи: вхід в криву, рух по кривій постійного радіусу і вихід з кривої. Вхід в криву та вихід з неї супроводжується підвищеною динамікою, а рух в середній частині кривої можна вважати стабільним. Слід зазначити, що останнє твердження більш справедливо для руху екіпажу в крутих кривих при відсутності значних нерівностей [1]. Величина радіусу, при якій відбувається перехід від встановленого руху до руху з підвищеною динамікою, залежить від конструкції екіпажу [2]. Складні умови плану і профілю залізничної колії передбачають собою сукупність ознак. Наприклад, криві радіусом 450 м і менше з великими ухилами на підйомах та спусках. Особливістю цих ділянок є неможливість їх перебудови під менш складні умови плану та профілю залізничної колії, без значних обсягів будівельно-монтажних робіт та великих фінансових витрат. На АТ «Укрзалізниця» загальна протяжність ділянок кривих з радіусом 450 м та менше станом на 2022 рік складає 3514 км.

Розглянемо конструктивні особливості колії у складних умовах плану і профілю залізничної колії у кривих радіусом $R < 450$ м. При роздільних скріпленнях КБ, СКД, КПП на залізобетонних шпалах безстикова колія укладається у кривих ділянках радіусом не менше ніж 300 м, а також, при наявності техніко-економічного обґрунтування, в кривих радіусом менше 300 м, з урахуванням інтенсивності бокового зносу головки рейки та збільшення ширини колії [3]. Переважно використовують рейки стандартної довжини: нормальні 25 м і вкорочені 24,92 м, 24,84 м, а також, половинної довжини: нормальні 12,5 м і вкорочені до них 12,46 м, 12,42 м, 12,38 м.

В якості підрейкових опор використовуються дерев'яні та залізобетонні шпали. На дерев'яних шпалах застосовуються скріплення типів: Д0, Д2, КППД-2, СКД65-Д, СКД65-Дм. На залізобетонних шпалах застосовуються скріплення типів: КБ-65, КПП-5, СКД65-Б, КПП-5-К та інші.

На скріпленнях типу Д0, Д2, КППД-2, КБ-65, КПП-5 можливості для регулювання ширини колії немає, що ускладнює вписування рухомого складу в кривих ділянках колії з малими радіусами. При укладанні в колію скріплення типу КБ-65, КПП-5 на залізобетонних шпалах, які не мають можливості регулювання за шириною колії, на початок експлуатації ширина колії складає 1520 мм.

Скріплення типів СКД65-Д, СКД65-Дм, СКД65-Б, КПП-5-К забезпечують регулювання ширини колії. Скріплення СКД65-Б забезпечує плавний відвід розширення колії за рахунок регулюючих пластин та розвороту підкладки. Сумарна величина відхилень ширини колії на скріпленнях типу СКД65-Д СКД65-Дм складає, по одній нитці – 7 мм, по двом – 14 мм; скріплення типу СКД65-Б – по одній нитці – 14 мм, по двом – 28 мм. За допомогою скріплення типу СКД65-Б можливо експлуатувати рейки до моменту їх максимального зносу – 26 мм.

Скріплення КПП-5-К має можливість виконувати плавний відвід розширення від 1522 мм до 1534 мм, з кроком 2 мм. Для забезпечення вільного вписування рухомого складу у колію необхідно зробити плавний відвід розширення у перехідній кривій та стабільну ширину колії у круговій кривій у відповідності до її радіусу.

Згідно з проведеними натурними спостереженнями [4] розглянемо залежність інтенсивності бокового зносу рейок при різних конструкціях верхньої будови колії (табл. 1)

Табл. 1 – Інтенсивність бокового зносу рейок в залежності від характеристик ділянки колії

Тип скріплення	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн т бр. вантажу																	
	R < 300 м						300 м < R < 450 м						450 м < R < 650 м					
	до 10‰		10–20‰		> 20‰		до 10‰		10–20‰		> 20‰		до 10‰		10–20‰		> 20‰	
	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск	підйом	спуск
Д0	0,134	0,124	0,172	0,167	0,262	0,235		0,138	0,135		0,249	0,166						
Д-2, СКД-65Д	0,259	0,161	0,329	0,257	0,272	0,257			0,185	0,166	0,280	0,143			0,024	0,138		
СКД-65Б	0,342	0,473	0,361		0,456				0,190		0,246	0,267					0,091	0,171
КПП-5К, КПП-5			0,490			0,377	0,205					0,263	0,078	0,103	0,090			0,206
КБ								0,090					0,082	0,089				

Аналіз даних наведених у таблиці 1 показує, що на дерев'яних шпалах зі скріпленнями типу Д0 і СКД65-Д інтенсивність бічного зносу рейок має менші значення, ніж при скріпленнях СКД65-Б та КПП-5-К на залізобетонних шпалах. Зі зменшенням радіусу та збільшенням ухилу інтенсивність бічного зносу рейок зростає.

Середня інтенсивність бокового зносу рейок різного способу виготовлення у ділянках колії з радіусами кривих до 300 м наведена в таблиці 2.

Аналіз даних таблиці 2 показує, що рейки, які були виготовлені до 2011 року із мартенівської сталі, мали кращу зносостійкість, ніж рейки із конверторної сталі в 1,4 рази. Рейки із конверторної сталі, що виготовлені в період з 2014 по 2017 рік, мають гіршу в 1,2 рази зносостійкість, ніж рейки із конверторної сталі, що виготовлені з 2018 року. Отже, спостерігається позитивна тенденція у досягненні зносостійкості рейок.

Табл. 2 – Інтенсивність бокового зносу рейок різного способу виготовлення на ділянках колії з радіусами кривих до 300 м в залежності від типу скріплень та шпал

Скріплення	Шпали	Знос рейок з мартенівської сталі виготовлення до 2011 року, мм	Знос рейок з конверторної сталі різних років виготовлення			
			2011–2013 рр.	2014–2015 рр.	2016 – 2017 рр.	2018–2019 рр.
ДО	дерев'яні	0,057–0,338 (0,197)	0,071–0,382 (0,226)	0,187–0,347 (0,267)	0,144–0,314 (0,229)	0,175–0,334 (0,255)
СКД-65Д	дерев'яні	0,107–0,239 (0,173)	0,111–0,302 (0,207)	0,205–0,381 (0,293)	0,267–0,434 (0,351)	0,184–0,264 (0,224)
КПП-5К	залізобетонні		0,382	0,425	0,101–0,482 (0,292)	0,110–0,336 (0,223)
СКД-65Б	залізобетонні		0,225–0,415 (0,321)	0,123–0,468 (0,296)	0,146–0,621 (0,373)	0,116–0,502 (0,309)

Дослідження ділянки колії зі скріпленням SCHWING AG та залізобетонними шпалами типу SH та SH.1

Дослідна ділянка колії зі скріпленням типу SBS W SL-1-900-R65 фірми «SCHWING AG» з залізобетонними шпалами типу SH та SH.1 («Кременчуцький завод залізобетонних шпал», 2020 року виготовлення) вклада на одноколійній ділянці колії перегону П'ятихатки-Стикова - К.П 5 регіональної філії «Придніпровська залізниця» (рис. 1). Характеристики цієї дослідної ділянки наведені у таблиці 3.

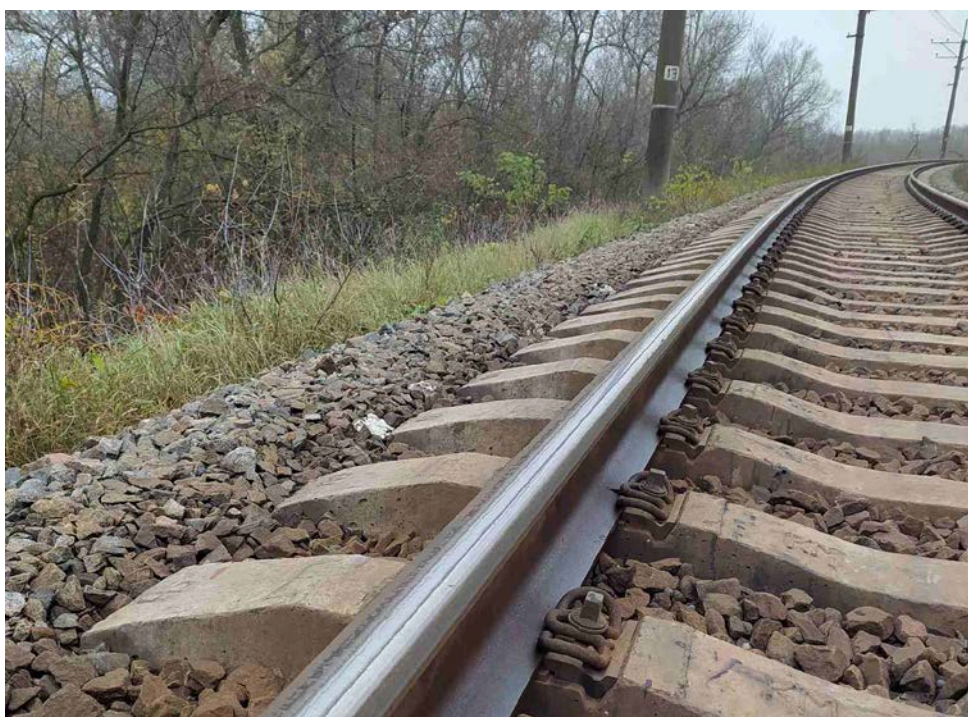


Рис. 1 – Дослідна ділянка колії зі скріпленням типу SBS W SL-1-900-R65

Табл. 3 – Характеристики дослідної ділянки колії зі скріпленням типу SBS W SL-1-900-R65

Місце вкладання	Дата вкладання	Вантажонапруженість, (млн т км брутто/км за рік)	Пропущений тоннаж на момент обстеження (млн т бр.)	Швидкість пас/ вант. (км/год)	План ділянки
П'ятихатки-Стикова – К.П 5 (1 км ПК4 – 2 км ПК3)	06.08.2021	47,8	60,11	60/60	Крива R–345 м

При пропущеному по дослідній ділянці тоннажу 54,72 млн т бр. була порахована інтенсивність бокового зносу рейок в круговій кривій на пліті зі скріпленням SBS W SL-1-900-R65 фірми «SCHWING AG», на ланковій колії зі скріпленням SBS W SL-1-900-R65 фірми «SCHWING AG» та на ланковій колії зі скріпленням КБ. Середній боковий знос рейок в кривій на пліті зі скріпленням SBS W SL-1-900-R65 фірми «SCHWING AG» становить 3,12 мм, інтенсивність бокового зносу складала 0,057 мм/млн. т бр. вантажу. Середній боковий знос рейок в кривій на ланковій колії зі скріпленням SBS W SL-1-900-R65 фірми «SCHWING AG» становить 3,58 мм, інтенсивність бокового зносу складала 0,065 мм/млн т бр. вантажу. Середній боковий знос рейок в кривій на ланковій колії зі скріпленням КБ становить 4,57 мм, інтенсивність бокового зносу складала 0,084 мм/млн т бр. вантажу.

За отриманими даними можна зробити висновок, що найменша інтенсивність бокового зносу рейок відбувається на безстиківій колії зі скріпленням SBS W SL-1-900-R65 «SCHWING AG». Боковий знос на безстиківій колії є плавним, максимальна різниця відхилень між суміжними точками складає до 1 мм. Максимальний знос рейок є на ланковій колії зі скріпленням КБ. Це відбувається внаслідок наявності стиків в колії.

Вплив ширини колії на бічний знос рейок у кривих ділянках колії

На даний час, згідно з п. 2.1.1 ЦП-0269 [5], на залізобетонних шпалах норма ширини колії на прямих і кривих при радіусах 300 м і більше встановлена однаковою – 1520 мм. Допускається використовувати у кругових і перехідних кривих при радіусах від 200 м до 450 м конструкції які забезпечують регулювання ширини колії, у бік збільшення, до 1535 мм.

В дослідженнях [6] на основі аналізу основних показників взаємодії екіпажу і колії, запропоновані наступні норми ширини рейкової колії для кривих ділянок з радіусами менше ніж 350 м на залізобетонних шпалах:

- при радіусах 350 м і більше – 1520 мм;
- при радіусах менше ніж 350 м до 230 м – 1530 мм;
- при радіусах менше ніж 230 м до 160 м – 1535 мм;
- при радіусах менше ніж 160 м – 1540 мм.

При взаємодії верхньої будови колії та рухомого складу виникають інтенсивні поперечні динамічні сили, які в криволінійних ділянках мають підвищені значення. При цьому збільшений рівень динамічних навантажень є однією з основних причин зростання інтенсивності зносу рейок, реборд коліс рухомого складу, елементів проміжних рейкових скріплень, а також зсуву рейко-шпальної решітки. Це призводить до зниження терміну служби елементів верхньої будови колії та погіршенню показників безпеки руху поїздів на швидкісних магістралях, особливо у складних умовах плану і профілю залізничної колії.

В кривих ділянках колії, чим менше радіус кривої, тим більше динамічні навантаження. В кривих з радіусами 650 м і менше під впливом рухомого складу відбувається інтенсивне накопичення залишкової деформації, внаслідок чого виникають порушення геометрії колії в плані, а також знижується стійкість рейко-шпальної решітки в поперечній горизонтальній площині та виникає повздовжній зсув шпал.

На залізобетонних шпалах в кривих ділянках колії радіусами 650 м і менше встановлюється початкова ширина колії 1520 мм (згідно з п. 2.1.1 ЦП-0269). При цьому, інтенсивність бокового зносу рейок значно більша, ніж в прямих [7]. Для прикладу розглянемо інтенсивність бокового

зносу рейок у кривих радіусами 611 м і 520 м та зміну показників інтенсивності бічного зносу рейок в залежності від ширини колії, які наведені у таблиці 4.

Табл. 4 – Інтенсивність бокового зносу в залежності від ширини колії

Шифр рейок	Місце укладання	№ спостереження	Вантажонапруженість, млн т км бр/км за рік	Радіус кривої, м	Середня фактична ширина колії 1500+, мм	Середнє фактичне підвищення зовнішньої рейки, мм	Середній боковий знос рейок, мм	Інтенсивність бокового зносу рейок, мм/млн т бр.
60Е1	Діївка – Горяїнове, 186 км, ПК2–4, парна, Р–611 м, спуск 10,0 ‰, КПП-5	1	35,9	611	21,2	61,6	0,35	0,117
		2	35,9		24,7	57,4	2,09	0,058
		3	36,2		24,6	59,4	3,34	0,0693
		4	39,9		28,4	60,3	4,1	0,051
		5	39,9		28,6	64,3	5,14	0,0505
		6	39,9		28,8	58,9	5,82	0,0560
60Е1	Діївка – Горяїнове, 181 км, ПК9 – 182 км, ПК4 парна, Р–520 м, спуск 8,1 ‰, КПП-5	1	35,9	520	22,8	116	0,81	0,1657
		2	35,9		26,7	122,7	4,27	0,1190
		3	36,2		26,4	116,2	4,83	0,1004
		4	39,9		29,7	119,5	6,4	0,080
		5	39,9		30,2	118,9	7,32	0,0826
		6	39,9		31,1	119,0	7,46	0,0718

За аналізом інтенсивності бокового зносу та зміни ширини колії можна зробити висновки, що на початку експлуатації у кривій радіусом $R=611$ м при ширині колії 1521,2 мм інтенсивність зносу рейок досягає значень 0,117 мм/млн т бр., тоді як при ширині 1528,8 мм знос складає – 0,0560 мм/млн т бр. У кривій радіусом $R=520$ м при ширині колії 1522,8 мм інтенсивність зносу рейок досягає значень 0,165 мм/млн т бр., тоді як при ширині 1531,1 мм – 0,072 мм/млн т бр.

Тому, для запобігання вище перерахованих проблем треба в кривих ділянках колії радіусом $R \leq 650$ м на залізобетонних шпалах використовувати типи скріплень, що дозволяють регулювати ширину колії в залежності від радіуса кривої. Найбільш розповсюджені регулюючі типи скріплень – це скріплення типу КПП-5-К, СКД65-Б, СКД65-Бп та інші.

Дані спостереження вказують на те, що при вкладанні рейкової пліти в криві ділянки колії на залізобетонних шпалах необхідно задавати початкову ширину колії згідно радіусу кривої:

- при радіусах від 650 м до 450 м – 1530 мм;
- при радіусах від 450 м до 300 м – 1535 мм;
- при радіусах менше ніж 300 м – 1540 мм.

При проведенні аналізу по зносостійкості рейок спостерігається зменшення інтенсивності бічного зносу зовнішньої нитки кривої при ширині колії 1540 мм – 1548 мм у кривих радіусами до 300 м [5], але ширина колії 1546 мм – 1548 мм потрапляє під обмеження швидкості до 25 км/год. (табл. Д.8.7 ЦП-0269) [5]. Конструкції які перераховані мають діапазон регулювання ширини колії до 1535 мм.

Найбільша інтенсивність бокового зносу рейок спостерігається на ланковій колії зі скріпленням типу КБ. Це відбувається внаслідок жорсткості скріплення та наявності стиків в колії. Стики рейок є основним ударним збудником динамічної взаємодії рейкової колії та коліс рухомого складу і, як наслідок, виникнення додаткових розладів колії, порушення плану і її профілю. В зоні стику рейки має місце стрибкоподібний боковий знос по зовнішній нитці. У кривих ділянках ланкової колії боковий знос більш інтенсивний та нерівномірний по довжині рейок, при цьому максимальна різниця відхилень між суміжними точками складає до 2 мм. Тому в кривих ділянках колії необхідно зменшувати кількість стиків.

Середня ширина колії в круговій кривій складає 1535,04 мм (1530 мм – 1539 мм), а середнє підвищення зовнішньої рейки в круговій кривій складає 73,74 мм (66 мм – 82 мм). Вплив ширини

колії на знос рейок не буде суттєвим, якщо ширина колії встановлена з початку експлуатаційного періоду відповідно до радіусу кривої. Колісна пара завжди буде «шукати» ширину колії, яка мінімізує боковий знос, для вписування візків колісної пари (так звана «приробка»). Для зменшення фактору «приробки» у кривих на залізобетонних шпалах необхідно використовувати регулюючі типи скріплень, починаючи не з радіусу 300 м, а з 650 м.

Висновки

1. Встановлено, що на колії з дерев'яними шпалами та скріпленнями типу Д0 і СКД65-Д інтенсивність бічного зносу рейок має менші значення, ніж при скріпленнях СКД65-Б та КПП-5-К на залізобетонних шпалах. Зі зменшенням радіусу кривої та збільшенням ухилу колії інтенсивність бічного зносу рейок зростає.

2. При наднормативному підвищенні зовнішньої рейки на 10 мм – 15 мм в кривих ділянках колії спостерігається зменшення бокового зносу зовнішньої рейки.

3. Для зменшення фактору «приробки» у кривих на залізобетонних шпалах необхідно використовувати регулюючі типи скріплень, починаючи не з радіусу 300 м, а з 650 м. При вкладанні рейкової пліти в криві ділянки колії на залізобетонних шпалах необхідно влаштовувати початкову ширину колії згідно радіусу кривої:

- при радіусах від 650 м до 450 м – 1530 мм;
- при радіусах від 450 м до 300 м – 1535 мм;
- при радіусах менше ніж 300 м – 1540 мм.

4. Інтенсивність бокового зносу рейок зменшується зі зменшенням вагових норм поїздів що по ним рухаються.

5. Технічний стан вагонів повинен забезпечувати мінімальний вплив на колію наступних факторів: різниці в діаметрах колісних пар, повзунів і гострокінцевого накату на поверхнях кочення коліс, нерівномірного ободу коліс колісної пари по кругу їх кочення.

6. Змащення контактуючих поверхонь колеса та рейки зменшує їх взаємний знос.

Література

1. Галичев А.Г. Влияние триботехнического состояния колес и рельсов на динамику движения грузового тепловоза в режимах выбега и тяги: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / А.Г. Галичев; Брянский государственный технический университет. – Брянск, 2002. – 195 с.

2. Михальченко Г.С. Разработка методологии выбора структуры и параметров экипажной части многоосных локомотивов и ее реализация при проектировании восьмиосных тепловозов : дис. д-ра техн. наук / Г.С. Михальченко. – Брянск, 1985. – 453 с.

3. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України : інструкція Укрзалізниці ЦП-0266 / В.В. Рибкін, О.М. Патласов, О.І. Белорусов, М.І. Карпов, Д.М. Курган, В.П. Шраменко, А.І. Бабенко, В.А. Штойко, І.О. Олійник, В.А. Лисак, К.Л. Каленик. – Київ, 2012. – С. 6–8, 12–13.

4. Макаров Ю.О. Скріплення для кривих ділянок колії СКД–65Д та СКД–65Б : технічний звіт / Ю.О. Макаров, Д.О. Дроздов, Р.В. Лобода. – Дніпропетровськ : Колієобстежувальна станція №1 ЦП УЗ ПАТ «Укрзалізниця», 2015. – С. 141–147.

5. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України : інструкція Укрзалізниці ЦП-0269 / Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.І. Уманов, О.М. Патласов, М.І. Карпов, В.П. Шраменко, О.І. Белорусов, В.О. Яковлев, В.М. Молчанов, К.В. Корноухова. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 434 с.

6. Губар О.В. Обґрунтування норм улаштування та утримання колії для кривих з радіусами менше 350 метрів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.06 / О.В. Губар; Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – 240 с.

7. Макаров Ю.О. Особливості експлуатації проміжних рейкових скріплень в кривих ділянках колії радіусом 650 м і менше на залізобетонних шпалах : технічний звіт / Ю.О. Макаров, Р.Ю. Залеський. – Дніпро : Колієобстежувальна станція ПС–1 філії ЦДЗІ «Укрзалізниця», 2020. – С. 131–134.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демченко Сергій Миколайович,
начальник структурного підрозділу
«Дніпровське науково-конструкторське
технологічне бюро колійного господарства»
філії «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний інститут
залізничного транспорту» (НДКТІ)
АТ «Укрзалізниця».
Пл. Вокзальна, 11ж, м. Дніпро, 49038,
Україна.
Тел.: +38 056 793 23 60.
E-mail: s.demchenko@dp.uz.gov.ua.

Татуревич Аркадій Анатолійович,
провідний інженер відділу стандартизації,
науково-технічної інформації та
нормоконтролю філії «НДКТІ»
АТ «Укрзалізниця».
Пл. Вокзальна, 11ж, м. Дніпро,
49038, Україна.
Тел.: +38 056 793 23 46.
E-mail: a.taturevich@dp.uz.gov.ua.

Макаров Юрій Олександрович,
начальник виробничого підрозділу
«Колієобстежувальна станція ПС-1» філії
«Центр діагностики залізничної інфраструктури»
АТ «Укрзалізниця».
Вул. Привокзальна, 96, м. Дніпро, 49038, Україна.
Тел.: +38 056 793 18 23.
E-mail: yu.makarov@dp.uz.gov.ua.

Новини АТ «Укрзалізниця»

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА РАДА АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ» SCIENTIFIC AND TECHNICAL RADA OF JSC "UKRZALIZNITSIA"

3-го лютого 2023 року в АТ «Укрзалізниця» під головуванням директора з інженерно-технічного забезпечення Романа Йосифовича було проведено засідання секції Науково-технічної ради товариства **«Єдина технічна політика, екологічний менеджмент, безпека руху та життєдіяльності»** на якій було розглянуто 4 проекти галузевих нормативних документів:

- СТП 03.01-001:2023 «Вагони вантажні. Ремонт гальмівного обладнання. Правила виконання»;
- СТП 03.05-002:2023 «Спеціальний рухомий склад. Комплекси зварювальні мобільні КСМ005 і КСМ007. Правила експлуатації та порядок виконання робіт»;
- СТП 01.02-001:2023 «Якість і безпека продукції. Вхідний контроль. Основні положення»;
- СТП 01.02-002:2023 «Якість і безпека продукції. Вхідний контроль. Правила проведення вхідного контролю».

Всі розглянуті нормативні документи були схвалені та рекомендовані, після доопрацювання за зауваженнями учасників засідання, до розгляду на засіданні Правління АТ «Укрзалізниця», з подальшим введенням їх в дію встановленим порядком.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-34-41

Канд. техн. наук Кара С.В.

Ph.D Прокопенко П.М.

Аспірант Туровець Д.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОВОЗІВ СЕРІЙ ВЛ80К ТА ВЛ40У З МЕТОЮ УБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

RESEARCH OF SUPPORT FRAMES OF ELECTRIC LOCOMOTIVES VL80K AND VL40U IN ORDER TO ENSURE THE SAFETY OF THEIR OPERATION

Ключові слова: локомотив, електровоз ВЛ80к, електровоз ВЛ40у, несучі конструкції, випробування, строк служби, міцність, опір втомі.

Вступ

Електровози змінного струму серій ВЛ80к та ВЛ40у відіграють значну роль у вантажних та пасажирських перевезеннях АТ «Укрзалізниця», при цьому виникає необхідність в забезпеченні подальшої експлуатації поза продовженим строком служби несучих конструкцій цих електровозів спеціалізованими організаціями. Для досягнення поставленої мети було вивчено технічний стан несучих конструкцій цих локомотивів та вирішені наступні науково-технічні задачі:

- аналіз експлуатації та несправностей несучих конструкцій електровозів;
- розробка програми та методики ходових міцнісних випробувань;
- проведення ходових міцнісних випробувань;
- оцінка показників міцності та визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у;
- розробка технічних рішень щодо забезпечення експлуатації електровозів серії ВЛ80к та ВЛ40у АТ «Укрзалізниця» для подальшої безпечної експлуатації.

Методи дослідження – методи класичної механіки, цифрової обробки сигналів, математичної статистики, аналізу статичного та динамічного напружено-деформованого стану, оцінки запасу опору втоми та втомної довговічності металевих конструкцій, метод скінчених елементів.

Аналіз показників експлуатації та несправностей несучих конструкцій електровозів ВЛ80к та ВЛ40у

Станом на теперішній час загальний парк електровозів змінного струму серії ВЛ80к по залізницях України склав 304 секції, загальний парк електровозів серії ВЛ40у склав 44 секції. На основі діючих Технічних умов забезпечується безпечна експлуатація електровозів ВЛ40у зі строком служби до 50 років та ВЛ80к зі строком до 55 років з дати побудови локомотива. З метою забезпечення безперебійного виконання підприємствами АТ «Укрзалізниця» перевезень, актуальним залишається завдання з забезпечення експлуатації тягового рухомого складу поза продовженим строком служби, у тому числі електровозів ВЛ80к та ВЛ40у. Виходячи з цього, впливає необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на обґрунтування технічних рішень щодо забезпечення експлуатації зі збереженням динамічних та міцнісних характеристик цих електровозів.

За результатами проведеного аналізу наявного в АТ «Укрзалізниця» парку електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у було встановлено наступне:

Кількість секцій електровоза ВЛ80к по залізницях розподілена таким чином:

- Південно-Західна залізниця – 240 секцій;

- Південна залізниця – 62 секції;
- Львівська залізниця – 2 секції.

Кількість секцій електровоза ВЛ40у по залізницям розподілена таким чином:

- Південно-Західна залізниця – 10 секцій;
- Одеська залізниця – 24 секції;
- Львівська залізниця – 10 секцій.

Дата побудови електровозів серії ВЛ80к приходить на 1964–1971 роки, відповідно строк експлуатації електровозів даної серії становить 51–58 років. Електровози з найбільшим строком служби (58 років служби) приписані до депо Південної залізниці. Найбільша кількість електровозів – 152 одиниці складають електровози 1967 року випуску. Найменша кількість електровозів 10 одиниць – 1964 року випуску.

Електровози ВЛ40у з найбільшим строком служби (47 років) знаходяться в приписному парку Регіональної філії Одеська залізниця. Найбільшу кількість складають електровози 1978 року випуску – 20 одиниць. Найменшу кількість складають електровози 1975 року випуску – 6 одиниць.

Визначено типові відмови для несучих конструкцій електровозів ВЛ80к та ВЛ40у, які передбачені у картах контролю технічного стану під час розробки відповідного Технічного рішення. Типові місця виникнення дефектів ВЛ80к: зони технологічних отворів шворневих брусів, місця з'єднання поздовжніх балок зі шворневими брусами та торцевими балками рам візків, місця підвісу кронштейнів редукторів, рами кузовів в зонах стаканів пружин ресорного підвішування. Для електровозів ВЛ40у типових місць руйнувань не знайдено. Статистичні показники дефектів несучих конструкцій не приводяться у статті з питань конфіденційності АТ «Укрзалізниця».

Оцінка напруженого стану несучих металевих конструкцій

Для оцінки показників міцності та опору втомі розроблено 3D-моделі, скінчено-елементні та розрахункові моделі рухомого складу. Розрахункові 3D-моделі рам кузовів електровозів ВЛ80к та ВЛ40у створені на основі їх креслеників. Для прикладу приведено 3-Д модель рами кузова ВЛ80к (рис. 1), що складається з поздовжніх балок (1), виготовлених з прокатних профілів (швелерів) пов'язаних буферними брусами (2, 3), двох шворневих балок коробчастого перетину (4), двох балок (5) для встановлення на них трансформатора. Аналогічно було створено 3D-моделі рам візків, приклад 3D-моделі рами візка ВЛ40у приведено на рис. 2.

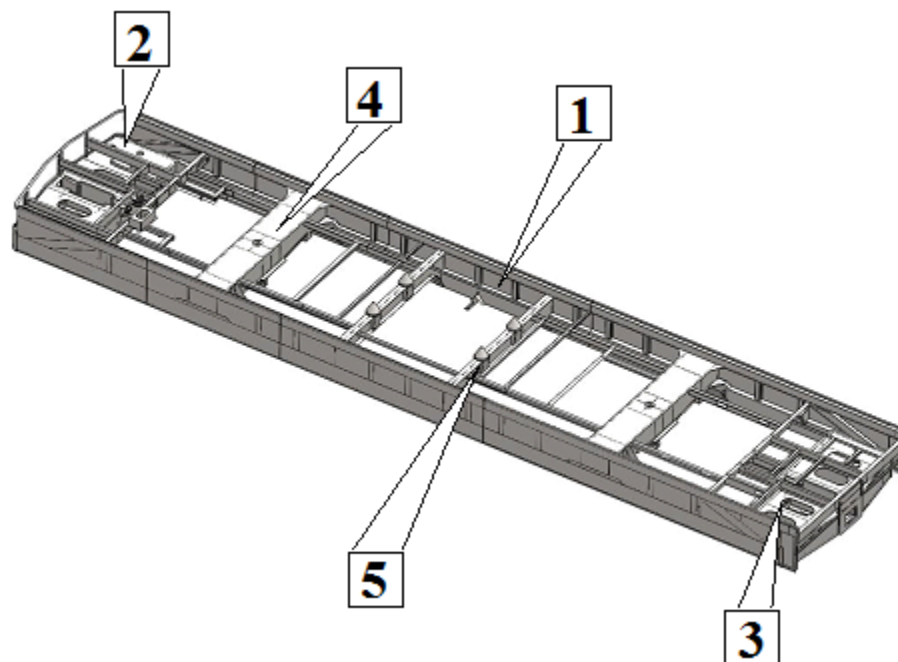


Рис.1 – Приклад 3Д моделі несучої рами кузова електровоза

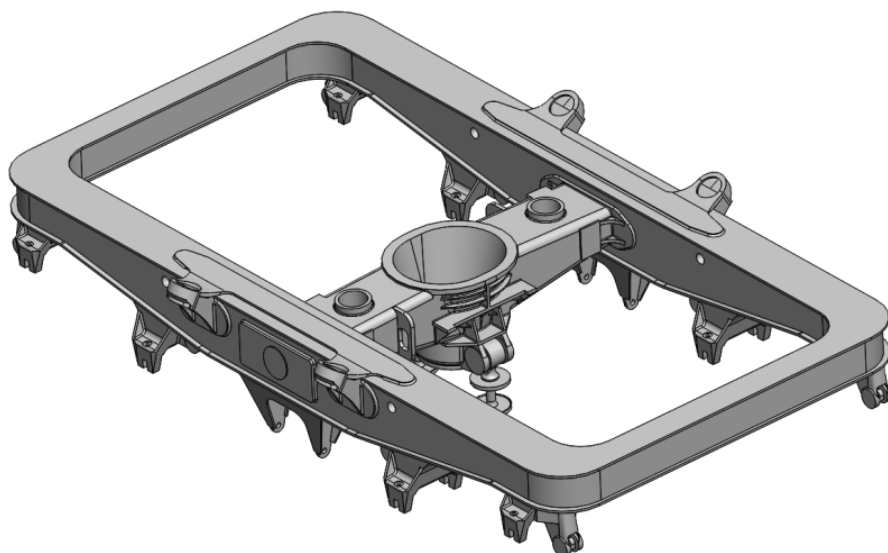


Рис. 2 – Приклад 3Д моделі рами візка електровоза ВЛ40у

На підставі розрахунків за створеними моделями несучих конструкцій електровозів за всіма розрахунковими режимами та з врахуванням положень існуючих нормативних документів [1, 2], досвіду проведення відповідних робіт [3, 4] було встановлено в конструкціях, що досліджувалися, основні напружені зони та значення діючих еквівалентних напружень. На рисунку 3 представлено приклад однієї з розрахункових епюр напружень рами кузова електровозу ВЛ80к, а на рисунку 4 – епюра напружень рами кузова електровозу ВЛ40у.

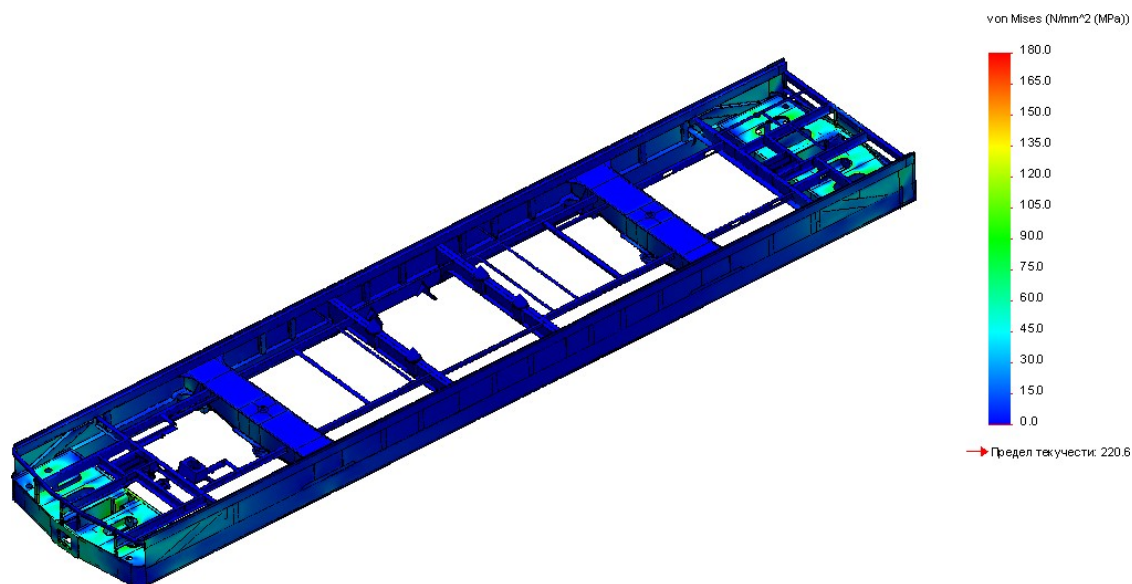


Рис. 3 – Приклад епюри еквівалентних напружень рами кузова електровоза ВЛ80к (за режимом І стискання)

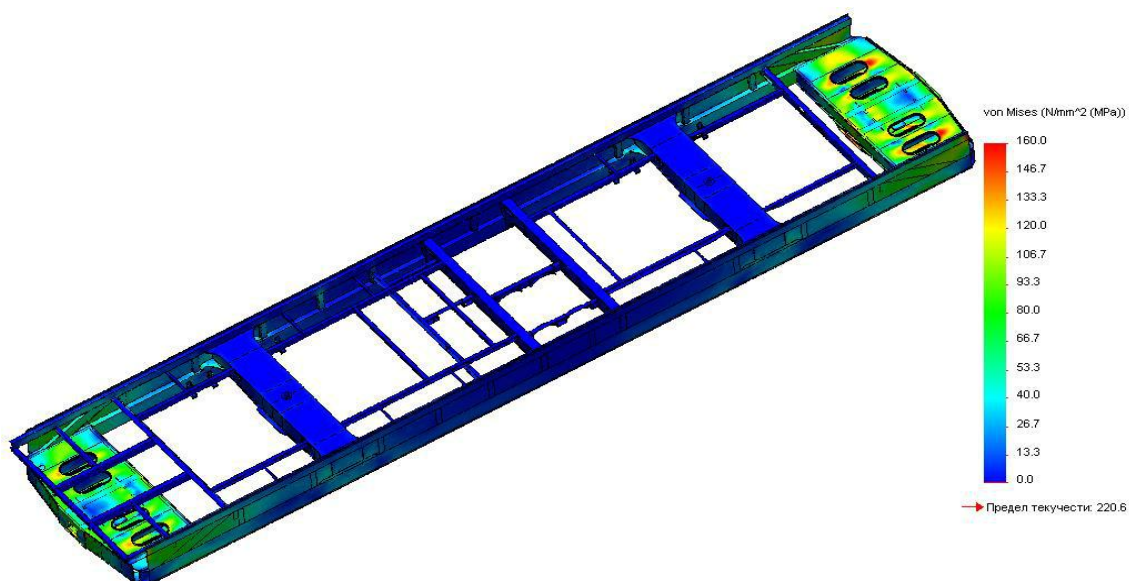
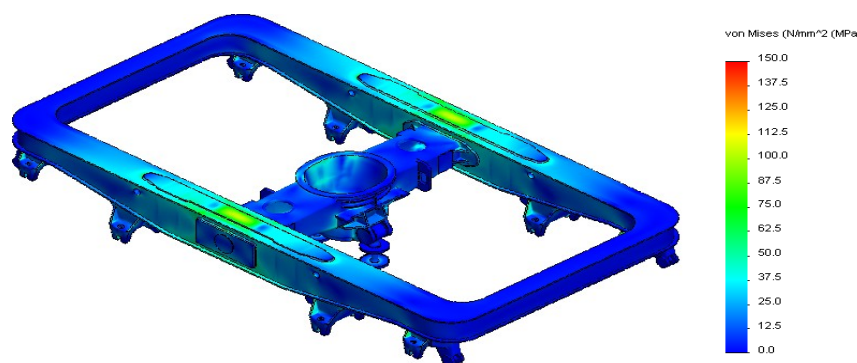
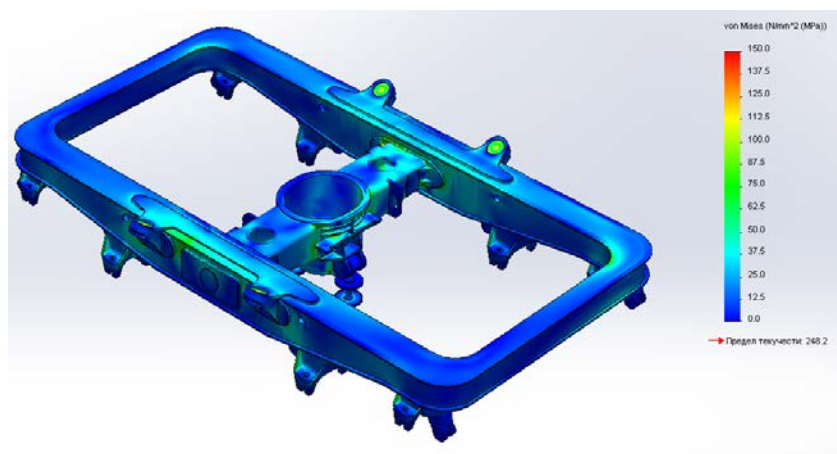


Рис. 4 – Приклад епюра еквівалентних напружень рами кузова електровоза ВЛ40у (за режимом І стискання)

На рисунку 5 представлено приклад розрахункової епюри напруженого стану рам візків електровозів ВЛ80к (рис. 5а) та ВЛ40у (рис. 5б). Встановлено, що напруження не перевищують допустимих при всіх розрахункових режимах.



а)



б)

Рис. 5 – Епюри еквівалентних напружень рами візка, за режимом ІІБ електровозів ВЛ80к (а), та ВЛ40у (б)

Повний перелік епюр рам кузовів та візків за іншими розрахунковими режимами приведені у звітах науково-дослідних робіт «Дослідження міцнісних характеристик несучих конструкцій електровозів серії ВЛ80К та розробка технічних рішень щодо продовження строку їх служби» та «Дослідження міцнісних характеристик несучих конструкцій електровозів магістральних типу ВЛ40У та розробка технічних рішень щодо продовження строку їх служби», що виконані філією «НДКТІ» у 2020 р. у відповідності до плану Плану науково-дослідних, дослідно-конструкторських робіт та розроблення нормативних документів АТ «Укрзалізниця» на 2020 рік., затверджений протоколом засідання правління АТ «Укрзалізниця» від 30.07.2020 №Ц-45/64.

Враховуючи особливості експлуатації, результати статистичних досліджень пошкоджень та рівні напружень в несучих конструкціях електровозів ВЛ80к та ВЛ40у, розроблено програму та методику випробувань (НДКТІ/НВЦ УІ 002-20 для ВЛ80к та НДКТІ/НВЦ УІ 004-20 для ВЛ40у), згідно яких в подальшому були проведені випробування на ділянці Козятин – Жмеринка – Козятин на дослідному електровозі ВЛ40у №1139-2 та ділянці Козятин – Конотоп – Козятин на дослідному електровозі ВЛ80к №168.

Під час випробувань особливу увагу було приділено шкворневій балці в зоні біля технологічного отвору та кронштейну підвісу редуктора, в місцях яких при експлуатації виникають тріщини. Приклад встановлення розетки тензорезисторів в даній зоні для дослідження експлуатаційних напружень у несучих металевих конструкціях приведено на рисунку 6.



Рис. 6 – Приклад встановлення розетки тензорезисторів на рамі візка в зоні модернізованого технологічного отвору та кронштейну підвісу редуктора

Для визначення розрахункового ресурсу рам візків електровоза ВЛ80к на раму візка додатково встановлено 5 акселерометрів (4 – на корпусах букс колісних пар та 1 на поперечною балку рами візка), з подальшим створенням відповідної розрахункової моделі.

Відмінність цієї розрахункової моделі від тої, що застосована для статичних розрахунків на міцність, полягає в тому, що вона доповнена додатковими елементами, які використовують для моделювання зв'язків між тілами. Додаткові елементи представляють собою геометричні примітиви, які змодельовані абсолютно жорсткими тілами. Додаткові елементи та НМК пов'язані між собою пружними елементами з жорсткісними характеристиками відсутнього тіла. Відсутнє тіло представляє собою елемент конструкції, який контактує з несучою конструкцією рами візка електровоза серії ВЛ80к та передає зусилля або момент, чи приймає участь в обмеженні руху.

Додатковими елементами для рами візка електровоза серії ВЛ80к є: колісна вісь з буксами, ресори, шаровий зв'язок, імітація другого візка та площа для обпирання кузова.

При дослідженні несучих конструкцій рами візка електровоза серії ВЛ80к за межами призначеного строку служби необхідно визначати власні частоти і відповідні форми коливань, адже динамічна реакція несучої конструкції обумовлена її власними формами коливань. Отже процедура динамічного аналізу у визначенні характеристик напружено-деформованого стану конструкції передбачає виконання модального аналізу.

Вищезазначеним розрахунково-експериментальним методом, впровадженим ДП ДНДЦ та філією «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця», описаним в [7] та відповідних науково-дослідних роботах філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця», з використанням SolidWorks Simulation 2020 було визначено розрахункові ресурси зон рам візків електровозів ВЛ40у та ВЛ80к. Приклад результатів розрахунку рами візка електровоза ВЛ80к приведено на рисунку 7.

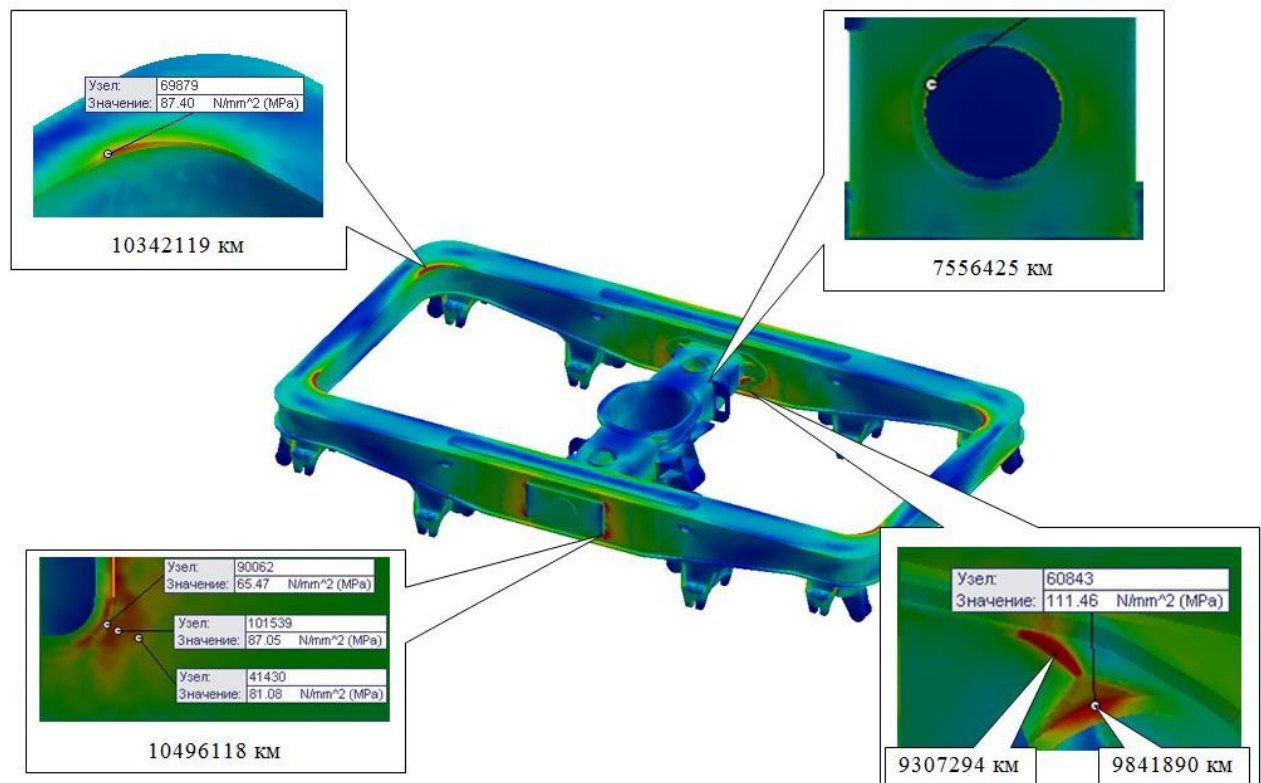


Рис. 7 – Розрахункова модель рами візка електровозу ВЛ80к з розрахованим ресурсом в небезпечних зонах

За результатами проведення ходових міцнісних випробувань електровозів ВЛ80к №168 та ВЛ40у №1139-2 при оцінці опору втоми встановлено імовірні зони виникнення пошкоджень, що підлягають обов'язковому технічному діагностуванню засобами неруйнівного контролю під час виконання регламентних робіт направлених на забезпечення подальшої експлуатації поза призначеним строком служби, а саме:

- для електровозів ВЛ80к основні зони технічного контролю НМК – це шворневий брус рами візка в області нижніх технологічних отворів, кронштейни підвісу ТЕД, місця кріплення шворневого бруса до повздовжніх боковин, зони зварного з'єднання кронштейну гасника коливань з боковою балкою рами візка, рами кузовів в зонах стаканів пружин ресорного підвішування;

- для електровозів ВЛ40у – це шворневий брус рами візка в області технологічних отворів, кронштейни підвісу ТЕД, зварні шви гальмівного кронштейна, місця кріплення шворневого бруса до повздовжніх боковин, радіусні ділянки технологічних отворів нижніх та верхніх листів буферних брусів рами кузова, місця з'єднання буферних брусів до повздовжніх балок рами кузова, з'єднання опор кузова і повздовжніх балок, радіусний перехід верхніх листів поперечних балок у місцях з'єднання з повздовжніми балками рами кузова. За результатами досліджень

несучих конструкцій електровозів, визначено уточнені строки служби. Для електровозів ВЛ40у встановлюється граничний строк служби для продовження експлуатації – 55 років. Для електровозів ВЛ80к встановлюється граничний строк служби для продовження експлуатації – 63 роки.

Додатково визначені коефіцієнти запасу опору втомі дослідних місць рам кузовів та візків дослідних електровозів згідно [1]. Мінімальне значення коефіцієнту запасу опору втомі виявлено в пришовній зоні зварного з'єднання кронштейну гасника коливань з боковою балкою рами візка електровозу ВЛ80к та становить $n=1.8$. Всі інші дослідні місця мали коефіцієнти запасу опору втомі $n \geq 2$. Для нових і модернізованих локомотивів, допустиме значення згідно [1] становить $[n] \geq 2$.

Враховуючи зниження опору з'єднання кронштейну гасника коливань з боковою балкою рами візка, внесено зміну у періодичність контролю технічного стану НМК (неруйнівного контролю) електровозів ВЛ80к з продовженим строком служби в рамках нового Технічного рішення [5], а саме для подальших продовжень строку служби передбачається щорічний контроль технічного стану (ТО-6) незалежно від встановлених міжремонтних пробігів до розробки і впровадження проєкту модернізації даної зони і підвищення її конструктивної міцності.

Висновки

За результатами досліджень визначено фактичні зони виникнення дефектів рам кузовів та візків, оцінено місця найбільших еквівалентних напружень під час нормативного міцнісного розрахунку, за результатами моделювання та розрахунків встановлено імовірні зони виникнення втомних пошкоджень.

На основі проведених досліджень прийнято рішення про можливість подальшої експлуатації електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у. Методологія забезпечення експлуатації описана в документах: ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ80К.01-2020 «Технічне рішення щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ80к поза продовженим строком служби» [5] та ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ40У.01-2020 «Технічне рішення щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ40у поза продовженим строком служби» [6].

Література

1. Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 145 с. (Нормативный документ МПС РФ).
2. Положення про організацію робіт щодо продовження призначеного терміну служби тягового рухомого складу Укрзалізниці (рам візків, головних рам кузовів і несучих кузовів) : ВНД 32.007.123-03. – Київ : Міністерство транспорту України, 2002. – 15 с. (Нормативний документ Мінтранса України).
3. Черняк А.Ю. Модальный анализ и усталостная долговечность рам тележек тягового подвижного состава / А.Ю. Черняк, Е.О. Гриндей, П.А. Гриндей // Локомотив информ. – 2010. – № 11. – С. 4–7.
4. Браславец Ю.В. Відновлення та модернізація ушкоджених конструкцій електровоза ВЛ82М № 067 / Ю.В. Браславец, О.П. Коломієць, С.В. Кара, П.А. Шевчук // Залізничний транспорт України. – 2016. - № 5-6. - С. 35-40.
5. Технічне рішення щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ80к поза продовженим строком служби : ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ80К.01. – Київ : Філія "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту" АТ "Укрзалізниця", 2020. – 31 с.
6. Технічне рішення щодо забезпечення експлуатації несучих металевих конструкцій електровозів серії ВЛ40у поза продовженим строком служби : ТР.НДКТІ/НВЦ.ВЛ40У.01. – Київ : Філія "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту" АТ "Укрзалізниця", 2020. – 30 с.

7. Дьомін Р.Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з забезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу: дис. док. техн. наук : 05.22.07 / Дьомін Ростислав Юрійович; Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. – Сєверодонецьк, 2018. – 344 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кара Сергій Віталійович,

к.т.н., начальник управління інжинірингу
філії «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний
інститут залізничного транспорту»
(НДКТІ) АТ «Укрзалізниця».
Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038,
Україна.
Тел.: +38 063 452 62 52.
E-mail: s.kara1520mm@gmail.com.

Прокопенко Павло Миколайович,

Ph.D., начальник науково-дослідного
відділу динаміки та міцності філії
«НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».
Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038,
Україна.
Тел.: +38 063 021 11 97.
E-mail: prokopenko1520mm@gmail.com.

Туровець Дмитро Андрійович,

аспірант, провідний інженер
науково-дослідного відділу динаміки та міцності
філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця».
Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.
Тел: +38 093 988 38 90.
E-mail: turovecd1520mm@gmail.com.

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; ztu1520mm@gmail.com.**

УДК 656.225.078.111:633.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-42-50

Канд. техн. наук Мямлін С.С.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ
IMPROVING THE DESIGN OF ROLLING STOCK OF RAILWAYS
TO PROVIDE INTERMODAL TRANSPORTATION OF GRAIN**

***Ключові слова:** транспортування зернових, інтермодальні перевезення, контейнери, інноваційні розробки.*

Вступ

Стійке зростання обсягів виробництва аграрного сектору національної економіки України потребує підвищення рівня логістичного та транспортного супроводу перевезень сільськогосподарської продукції. При цьому слід окремо виділити стрімке зростання обсягів виробництва зернових. Так, якщо в Україні в 2007 році було вирощено 29 млн. т зернових (з яких було експортовано 4,5 млн. т), а до 2017 року вже було досягнуто позначки більш ніж 66 млн. т зернових, з яких близько 44 млн. т було експортовано. Агропромисловий комплекс став провідною галуззю економіки та за даними Державної служби статистики України становить 12,5 % від ВВП та 40% від усього експорту країни. У 2022 році врожай зернових в Україні становив за різними оцінками від 54,1 до 55,7 млн. т і у порівнянні з рекордними 86 млн. т 2021 році менше, через російське військове вторгнення.

В експорті основних зернових культур Україна посідає 1-6 місця у світі, і в перспективі ці позиції зміцнюватимуться. Ось деякі показники країни, як експортера, у світі:

- № 1 з соняшнику та соняшникової олії;
- № 4 з кукурудзи;
- № 5 з ячменю;
- № 6 з пшениці.

Україна експортує продукти харчування та зернові до 174 країн світу, згідно даних Центра транспортних стратегій. Але в той же час у країні гостро стоїть питання забезпечення логістики та транспортної інфраструктури, які обслуговують ринок зерна [1].

До лютого 2022 року, за даними транспортної компанії GEFCO-Україна, через складнощі в логістиці українські аграрії втрачали до \$20 на тонні виробленої продукції. За даними Світового банку через складну логістику вітчизняні аграрії щорічно недоотримують від \$600 млн. до \$1,6 млрд. Це 20-50 % від поточного обсягу банківських позик сільському господарству країни [2]. З 1 серпня 2022 року Україні вже вдалося експортувати понад 9 млн. т продовольства, з них понад 5 млн т – до країн Африки та Азії. У рамках Всесвітньої продовольчої програми під егідою ООН до країн, що перебувають на межі голоду, було відправлено 190 тис. т української пшениці.

У другому півріччі 2021 року АТ «Укрзалізниця» почала виходити на рекордні обсяги перевезення зерна. З серпня по грудень 2021 року щомісяця перевозилося близько 4 млн. т. Наступний 2022 рік також почався досить добре. Так, у січні 2022 року залізничним транспортом у напрямку портів було перевезено майже 4 млн. т зернових. У лютому було перевезено 3,4 млн. т зерна. Але після 24-го лютого, з початком військової агресії росії проти України, всі перевезення значно скоротилося. За 7 місяців 2022 року було перевезено всього 13,8 млн. т зернових вантажів, що на 0,5 млн. т поступається показникам за аналогічний період попереднього року [3] (рис. 1).

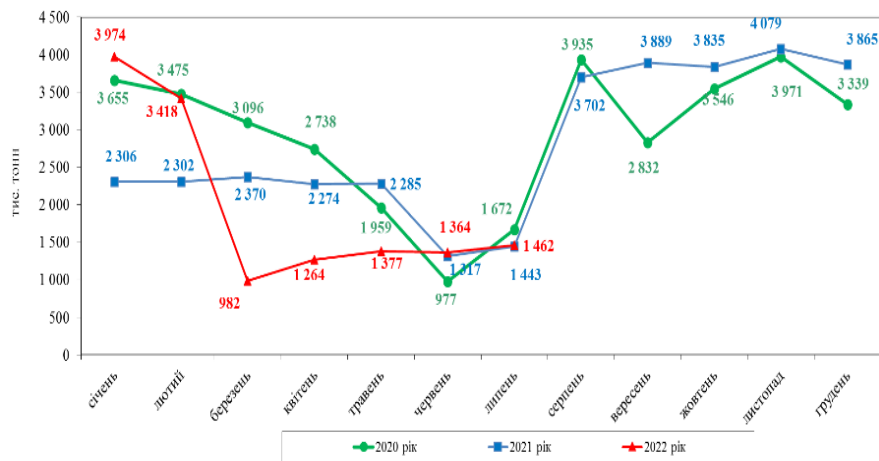


Рис. 1 – Динаміка обсягів перевезень зернових вантажів на експорт залізничним транспортом України у 2020-2022 роках

У зв'язку зі стійкою тенденцією зростання виробництва та експорту продукції аграрного сектору економіки України через морські порти та «сухі» порти на західних кордонах країни набуває особливої актуальності забезпечення зростаючої потреби у перевезенні зерна різними видами транспорту, що потребує використання значної кількості спеціалізованого залізничного рухомого складу. Тому створення нового та модернізація існуючого парку рухомого складу залізниць, призначеного для перевезення зерна, є актуальним науково-прикладним завданням.

Проблеми інфраструктури ринку зернових

Розглянемо кожен складову супутньої інфраструктури перевезення зернових детальніше. Потужність сертифікованих зернових складів (рис. 2) на початку 2022 року становила 32 млн. т та ще близько 10-12 млн. т становлять несертифіковані склади. Загальна кількість сертифікованих складів в країні становить близько 740, з них лише 620 елеваторів мають залізничне сполучення. Зростання виробництва зернових виявляє, що за даними проведених досліджень [4] та інтернет-ресурсу карт елеваторів України (<http://elevatorist.com/karta-elevatorov-ukrainu>) дефіцит потужностей зберігання зерна близько 18-20 млн. т. На жаль, точну кількість діючих зернових складів наразі визначити важко через значну кількість пошкоджених та зруйнованих елеваторів внаслідок бойових дій з боку російських військ. У Державному департаменті США, з посиланням на дослідження неурядової організації Conflict Observatory, заявлено, що через постійні обстріли російських військ території України понад 15 % зерноосховищ втрачено або пошкоджено. Таким чином, через військову агресію РФ в Україні постраждало кожне шосте зерноосховище від загального обсягу зернових підприємств, а 75 об'єктів із досліджених 344 мають пошкодження [5].



Рис. 2 – Сучасний зерновий елеватор

Крім традиційних елеваторних комплексів для тимчасового зберігання зерна застосовуються й спеціальні мішки-рукави (рис. 3). Це дозволяє забезпечити тимчасове зберігання та збереження зерна в польових умовах.



Рис. 3 – Технологія тимчасового зберігання зерна на полях

Портова складова інфраструктури в номінальній потужності портів із перевалки зерна становить 44 млн. т (рис. 4), але, якщо не враховувати неробочі порти, максимальний обсяг перевалки становитиме 39 млн. т, з середнім коефіцієнтом завантаження потужностей у 67 %. Окремо, завантаження українських портів становить від 65 % до 100 % [6].

В Україні на автомобільні перевезення припадає більшість перевезень зерна, в наслідок первинного збирання та зберігання в обсязі зібраного врожаю. Також істотну роль автомобільний транспорт відіграє при транспортуванні зерна до кінцевого споживача – понад 12 млн. т. З погляду на рентабельність, доставка зерна до морських портів автотранспортом вигідна на відстані до 200 км, але у пікові періоди автоперевізники залучаються до перевезень і на більш віддалені відстані. Але існують проблемні сторони автомобільного транспортування зерна, наприклад:

- висока відносна вартість, порівняно із залізницею;
- поганий стан доріг;
- високі амортизаційні витрати на вантажні автомобілі;
- скупчення вантажівок у портах і під'їздах до них у пікові періоди (рис. 4)



Рис. 4 – Скупчення вантажних автомобілів із зерном в очікуванні розвантаження

На додаток до вищезгаданих проблем, з травня 2016 року «Державна служба України з безпеки на транспорті» посилила ваговий контроль на дорогах. Такі заходи збільшили собівартість доставки на 60-100 %. У результаті частина зернових вантажів перейшла на залізницю і попит на вагони-зерновози істотно збільшився [7].

Наявна залізнична складова інфраструктури України дозволяє забезпечувати експорт зерна обсягом до 30 млн. т. Загальний парк вагонів-зерновозів країни становить близько 24 тис. одиниць, за даними на 01.07.2021р. [8]. До можливостей залізничного транспортування найчастіше вдаються під час відправки зерна на значні відстані, як у межах країни, так і за кордон. Перевезення залізницею становлять 40 % від загальної кількості експортних поставок зернових культур України (рис. 5).



Рис. 5 – Навантаження зерна у вагон хопер

Метод доставки зерна за рахунок можливостей залізниці відрізняється високим ступенем надійності, зручністю та швидкістю. Практично всі елеватори, зерносховища та млини розташовані недалеко від залізничних вузлів. Особливо великі з них мають у власності одноколіїні залізничні шляхи, якими відбувається переміщення вантажів.

Проте є й значні обмеження. Наприклад, уже зараз робочий парк вагонів для перевезень зерна знаходиться на межі своїх можливостей, а згодом ситуація посилюватиметься, враховуючи прогноз на подальше зростання обсягів вирощування зернових, аж до 90 млн. т на рік. Знову ж таки, не слід забувати про старіння рухомого складу та його подальше списання. У попередні кілька років мало бути списано близько 4000 зерновозів, але внесення змін до Порядку продовження терміну служби вантажних вагонів дозволило дещо змінити загальну картину парку рухомого складу для перевезення вантажів. Частина вагонів отримали продовження терміну служби, іноді для позначення експлуатації вагона після терміну служби, призначеного заводом-виробником, використовують термін «строк корисного використання». Більшість зерновозів вводилося в експлуатацію в короткий часовий період – близько 30 років тому. Середній вік вітчизняного парку вагонів-зерновозів – 28 років, за стандартного терміну експлуатації 30 років [9, 10].

Крім цього, є проблеми із пропускнуою спроможністю залізничних під'їздів до портів. У більшості з них у таку інфраструктуру суттєво не інвестували за останні тридцять років, тому припортова інфраструктура є стримуючим фактором для підвищення перевалочної спроможності портів та обмежує підвищення продуктивності вантажних вагонів.

Також через складнощі з рухомим складом залізниця не може сформувати склади з моновантажем, що створює черги та значно уповільнює процес подачі вантажів у порти. Через невчасне постачання вантажівідправники зазнають втрат: судна простоюють, а це додаткові витрати. Тому слід розглянути й інші технічні та технологічні можливості залізничного транспорту щодо збільшення обсягів перевезень зернових.

Шляхи вирішення проблем перевезення зернових

Для задоволення постачальників сільськогосподарської продукції транспортними послугами доцільно також розглянути можливість поєднання можливостей, наприклад, автомобільного і залізничного транспорту, тобто організації бімодальних (інтермодальних) перевезень (рис. 6) [11].



Рис. 6 – Перевезення великотоннажних автомобілів на залізничних платформах

Рухомий склад задля забезпечення перевезення зерна залізничним транспортом повинен задовольняти сучасним вимогам до вантажних вагонів, як з погляду технічної реалізації, так і з урахуванням зменшення експлуатаційних витрат. Це можливо досягти за рахунок реалізації інноваційних технічних рішень у конструкції вагонів для перевезення зерна та використання для їх побудови сучасних марок сталі підвищеної міцності, які також потребують застосування покращених машинобудівних технологій. При цьому техніко-економічні показники вагонів повинні якісно відрізнятися на краще по відношенню до існуючих конструкцій вагонів-зерновозів. З метою забезпечення максимального використання вантажопідйомності вагонів необхідне використання візків із навантаженням 25 т на вісь. Конструкція вагонів повинна передбачати можливість вивантаження зерна як у міжрейковий простір на естакадах, так і безпосередньо до трюмів морських суден (рис. 7).



Рис. 7 – Розвантаження зерна з хопера безпосередньо в трюм судна

Крім використання спеціалізованих вагонів для перевезення зерна можлива також модернізація для цих цілей інших типів вагонів, які не потрібні на ринку перевезень. До таких вагонів належать восьмивісні вагони цистерни для перевезення світлих нафтопродуктів та криті вагони. Також до перспективних розробок можна віднести створення спеціальних зернових контейнерів (рис. 8) для їх транспортування на вагонах-платформах як універсального типу, так і довгобазних.



Рис. 8 – Завантаження зерна у контейнер

Можливе також транспортування зернових в універсальних вагонах, наприклад напіввагонах, при цьому потрібне використання спеціальної одноразової або багаторазової тари у вигляді «бігбегів» (рис. 9). Можливе також використання напіввагонів для перевезення зерна із застосуванням тентів на кшталт автопричепів або металевих дахів, що знімаються.



Рис. 9 – Перевезення зерна у напіввагонах за допомогою «бігбегів»

З 2017 року в Україні було запущено програму переобладнання вагонів цементовозів на зерновози, в результаті якої парк зерновозів планувалося збільшити за різними оцінками на 1000-1100 вагонів. Але цей вид транспортування для масових перевезень малоефективний. Хоча багато приватних залізничних перевізників, які володіють власним парком вантажних вагонів, все-таки переобладнують мінераловози та цементововози під перевезення зерна, виходячи з економічної доцільності. Проте для інноваційного розвитку парку вантажних вагонів слід розглядати нові конструкції рухомого складу з покращеними техніко-економічними характеристиками. Тому надалі докладно зупинимося саме на створенні сучасних технічних засобів для транспортування зерна. Спеціалістами Проектно-конструкторського технологічного бюро з проектування та модернізації рухомого складу, колії та штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (зараз – Український державний університет науки та технологій), а також співробітниками кафедри Інженерії вагонів та якості продукції Українського державного університету залізничного транспорту за участю автора розроблено перспективні конструкції вагонів-зерновозів з різним навантаженням на вісь, як для звичайної ширини колії, так і для залізниць вузької колії [12, 13]. При цьому для їх несучих металоконструкцій використані сучасні марки сталей підвищеної міцності та оригінальні технології зварювання елементів конструкції, що забезпечує надійну роботу вагонів протягом усього життєвого циклу. Це підтверджується результатами як нормативних розрахунків, так і результатами математичного моделювання напружено-деформованого стану основних несучих металоконструкцій вагонів за

різних режимів навантаження, зокрема з урахуванням поздовжньої динаміки у складі вантажного поїзда при перехідних режимах руху. У конструкції вагонів для перевезення зерна використовується ціла низка оригінальних технічних рішень, що дозволяє забезпечити надійну роботу таких вагонів та нижчу вартість експлуатаційних витрат, що є суттєвою перевагою порівняно з існуючими моделями вагонів [14-16].

В результаті виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт створено модельний ряд вагонів для перевезення зерна, які мають покращені техніко-економічні показники, а також запропоновано технічні рішення щодо модернізації інших моделей вантажних вагонів для транспортування зерна (рис. 10, 11).



Рис. 10 – Хопер-зерновоз перспективної конструкції

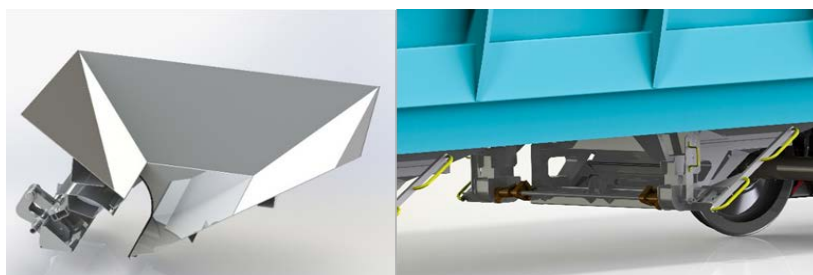


Рис. 11 – Механізм розвантаження хопер-зерновоза перспективної конструкції у відкритому та закритому положенні

Перспективними інноваційними технічними засобами підвищення ефективності транспортування зернових можуть бути автоплатформи (шасі), виконані за технологією RAILRUNNER (США), які мають можливість перевезення як на автомобільному, так і на залізничному ході (рис. 12) [17-19].



Рис. 12 – Формування поїзда із платформ RAILRUNNER

Представлений на рисунку 13 поїзд сформований поїзд із платформ RAILRUNNER суттєво підвищує ефективність організації комбінованих перевезень контейнерів авто-залізничного сполучення, при цьому постановка на залізничний хід з автомобільного займає час до 5 хвилин.

Під час виконання науково-дослідної роботи проведено техніко-економічне обґрунтування використання даних технологій на залізницях України та отримано позитивні результати не лише для транспортування зернових, а й для перевезення іншої продукції агропромислового комплексу, оскільки запропоновані рішення органічно поєднують переваги автомобільного та залізничного транспорту.

Висновки

Запропоновано комплексне вирішення актуальної науково-прикладної проблеми щодо підвищення ефективності перевезення зернових вантажів залізничним транспортом, як у внутрішньому, так і міждержавному сполученні, з використанням перспективних технічних рішень.

Розглянуто традиційний рухомий склад залізниць для перевезення зернових, а також бімодальні транспортні засоби, що дозволяють підвищити основні техніко-економічні показники залізничного рухомого складу.

Розроблено сучасні конструкції вагонів-зерновозів підвищеної надійності, які можуть стати основою експлуатаційного парку, як державних, так і приватних операторів залізничних перевезень.

Література

1. Рустамов Р.Ш. Оценка перспектив развития зерновой логистики в Украине / Р.Ш. Рустамов // Транспортні системи і технології перевезень. – 2014. – Вип. 8. – С. 127-133. – doi: 10.15802/tstt2014/38101
2. Складские цифры: сколько денег и почему теряют аграрии Украины на логистике [Електрон. ресурс] // delo.ua. – Режим доступу: https://delo.ua/business/skladskie-cifry-pochemu-agrarijam-stoit-udeljat-bolshe-vnimaniya-327406/?supdated_new=1513064964. – 27.01.2017.
3. Ткачов В. Чому і на скільки подорожчала залізнична логістика в Україні і що буде, якщо вирішити всі проблеми на кордоні?! [Електрон. ресурс] // АПК Інформ. – Режим доступу: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1528568>. – 07.08.2022.
4. Купченко А.В. Элеваторные мощности Украины / А.В. Купченко // Хранение и переработка зерна. – 2014. – № 7 (184). – С. 33-37.
5. Таранова Е. РФ уничтожила в Украине более 15 % зернохранилищ: как фермеры будут хранить зерно урожая 2022 года [Електрон. ресурс] // delo.ua. – Режим доступу: <https://delo.ua/ru/agro/rf-unictozila-v-ukraine-bolee-15-zernoxranilishh-kak-fermery-budut-xranit-zerno-urozaya-2022-goda-404298/>. – 27.09. 2022.
6. Агрологістика в Україні. Аналітичне дослідження. – Київ: Центр транспортних стратегій, 2016. – 56 с.
7. Анализ зерновой логистики Украины и предложения по ее модернизации. – Київ: АПК-Информ, 2013. – 88 с.
8. В Украине сокращается рабочий парк зерновозов [Електрон. ресурс] // Elevatorist.com. – Режим доступу: <https://elevatorist.com/novosti/13015-v-ukraine-sokraschaetsya-rabochiy-park-zernovozov>. – 26.07.2021.
9. Самойленко И. Вагоны, маршруты. А возить зерно не в чѐм [Електрон. ресурс] / И. Самойленко, О. Стерний, В. Набок // Зерно. Журнал сучасного агропромисловця. – Режим доступу: <https://www.zerno-ua.com/journals/2012/dekabr-2012-god/vagony-marshruty-a-vozit-zerno-ne-v-chem>. – 12.04.2016.
10. Барановський Д.М. Проблема старіння та зношування вантажних вагонів / Д.М. Барановський // Вагонний парк. – 2016. – № 7-8 (112-113). – С. 38-40.
11. Коробьева Р.Г. Внедрение бимодальных технологий перевозки зерновых грузов в Украине / Р.Г. Коробьева, Р.Ш. Рустамов, С.В. Гревцов // Транспортні системи і технології перевезень: зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2015. – Вип. 9. – С. 29–34. – doi: 10.15802/tstt2015/49351.

12. Кебал И.Ю. Перспективные разработки узкоколейного подвижного состава / И.Ю. Кебал, С.С. Мямлин // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту : тези 76 Міжнар. науково-практ. конф. (19.05–20.05.2016). – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. – С. 50-51.
13. Бесараб Д.А. Создание современных конструкций интермодальных транспортных средств для разной ширины колеи / Д.А. Бесараб, С.С. Мямлин, С.С. Титов // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : материалы XII Междунар. научно-технической конф., Санкт-Петербург, 05–09 июля 2017 г. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017.
14. Козаченко Д. М. Удосконалення технічного забезпечення та технологій експортних перевезень зернових вантажів в Україні / Д.М. Козаченко, Р.Г. Коробйова, Р.Ш. Рустамов // Вісник Дніпропетр. держ. аграрно-економ. ун-ту. – 2015. – № 4. – С. 121-127.
15. Мямлин С.С. Создание и модернизация подвижного состава для перевозки зерна железнодорожным транспортом / С.С. Мямлин // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 76 Міжнар. науково-практ. конф. (19.05–20.05.2016). – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2016. – С. 44-45.
16. Мямлин С.В. Создание грузовых вагонов нового поколения / С.В. Мямлин, Ю.В. Кебал // Проблемы подвижного состава: пути решения через взаимодействие государственного и частного секторов: тез. докл. III Междунар. партнер. конф., 23–25 мая 2012 г., Ялта. – Харьков, 2012. – С. 43-44.
17. Мямлин С.В. Проблемы и перспективы перевозки зерновых грузов железнодорожным транспортом в Украине / С.В. Мямлин, Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 2(99). – С. 32-34.
18. Козаченко Д.М. Напрямки підвищення ефективності перевезень зернових вантажів залізничним транспортом / Д.М. Козаченко, Р.Ш. Рустамов, Х.В. Матвієнко // Транспортні системи та технології перевезень : Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – Вип. 6. – С. 56-60.
19. Бімодальні технології перевезень – ключ до нових сегментів транспортного ринку / О.М. Пшінько, С.В. Мямлін, Р.Г. Коробйова, Д.М. Козаченко, Ч. Фоскетт // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 5. – С. 20–22.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Мямлін Сергій Сергійович,

к.т.н., науковий співробітник

кафедри інженерії вагонів та якості продукції

Українського державного університету

залізничного транспорту.

Пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.

Тел.: +38 097 135 68 84.

E-mail: sergeymyamin91@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-9204-4435.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-51-61

Аспірант Іщук В.В.

PhD Діжо Я.

PhD Блатніцький М.

Аспірант Солчанский С.

Аспірант Молнар Д.

ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ТА ХОДОВИХ ЯКОСТЕЙ РЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ШЛЯХОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

EVALUATION OF DYNAMICS AND RUNNING PROPERTIES OF RAIL VEHICLES USING SIMULATION MODELLING

***Ключові слова:** рейковий транспортний засіб, імітаційне моделювання, динаміка транспортного засобу, безпека руху, пружна рейкова колія.*

Вступ

Динамічні дослідження рейкового транспорту призначені для вивчення його ходових якостей у процесі руху та визначення причин їх змін. Транспортний засіб можна досліджувати, як єдине ціле або тільки його окремі підсистеми (наприклад, колісна пара, візок тощо) водночас в основному оцінюються сили, які діють на транспортний засіб під час руху, швидкості руху, прискорення тощо. Для цих цілей використовуються різні способи й методи аналізу та оцінювання динамічних і ходових якостей [1–3].

Створення репрезентативної моделі рейкового рухомого складу є першим і необхідним кроком для проведення аналізу динамічних якостей рухомого складу шляхом імітаційних розрахунків. Це вимагає проведення детального аналізу механічної системи рейкового транспортного засобу, визначення його загальних параметрів, якими є, наприклад, геометрія рухомого складу та його маса, моменти інерції вузлів та агрегатів, характеристики пружних елементів, зовнішні навантаження тощо. Після детального аналізу необхідних параметрів можна перейти до створення динамічної моделі рейкового транспортного засобу. На основі динамічної моделі створюється математична модель. Якщо динамічна модель рейкового транспортного засобу створюється в комерційному програмному забезпеченні, то математична модель складається автоматично. З математичного погляду вона складається з диференціально-алгебраїчних рівнянь, а з механічного – ці рівняння називаються рівняннями руху [4–8].

Метою даної роботи є дослідження динамічних і ходових якостей рейкового транспортного засобу шляхом імітаційного моделювання. Основними досліджуваними параметрами є вертикальні та бокові сили, що діють на колеса, позначені як Q і Y , та їхнє співвідношення Y/Q , яке виражає важливу величину — показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок. Ці величини є основними для оцінювання безпеки руху та впливу навантаження від транспортного засобу на залізничну колію [9–12].

Модель рейкового транспортного засобу

Імітаційна модель представляє собою рейковий транспортний засіб, який складається з системи тіл, що з'єднані між собою пружними безмасовими елементами (рис. 1). Як було зазначено вище, математичний опис віртуальної моделі рейкового транспортного засобу складається із системи рівнянь руху, яка генерується автоматично програмним забезпеченням імітаційного моделювання. Дослідження виконано в середовищі Simpack. Це надійний імітаційний інструмент для створення, моделювання та аналізу різноманітних механічних систем, у тому числі й механічних систем транспортних засобів. Зокрема, програмне забезпечення

Simpack є потужним програмним комплексом у галузі залізничного транспорту та технологій [13-18]. Використане програмне забезпечення Simpack дозволило реалізувати алгоритми розрахунку явищ, пов'язаних з контактом колеса з рейкою. Параметри контакту “колесо-рейка” відіграють важливу і ключову роль у динаміці рейкового транспортного засобу [19, 20]. Достовірна оцінка цих параметрів необхідна для коректних розрахунків величин що досліджуються у даній роботі.

З погляду механіки, рейковий транспортний засіб, що розглядається, складається з декількох твердих тіл, з'єднаних між собою силовими елементами (циліндричними пружинами й гідравлічними гасниками коливань), які вважаються безмасовими. Крім того, між окремими тілами обмежуються необхідні ступені вільності за допомогою механічних шарнірів та кінематичних зв'язків.

Отримана система рівнянь руху складається з неоднорідних диференціальних рівнянь другого порядку [4, 21], які, як правило, є нелінійними й можуть бути записані наступним чином:

$$M \cdot \ddot{q}(t) + (B + \Omega_0 \cdot G) \cdot \dot{q}(t) + (K + \Omega_0^2 \cdot Z) \cdot q(t) = h(t) \quad (1)$$

де $q(t)$, $\dot{q}(t)$ та $\ddot{q}(t)$ – вектори узагальнених координат, швидкості та прискорення відповідно, M – матриця мас, B – матриця демпфірування та K – матриця жорсткості. Матриці $\Omega_0 \cdot G$ та $\Omega_0^2 \cdot Z$ описують гіроскопічні та інерційні сили.

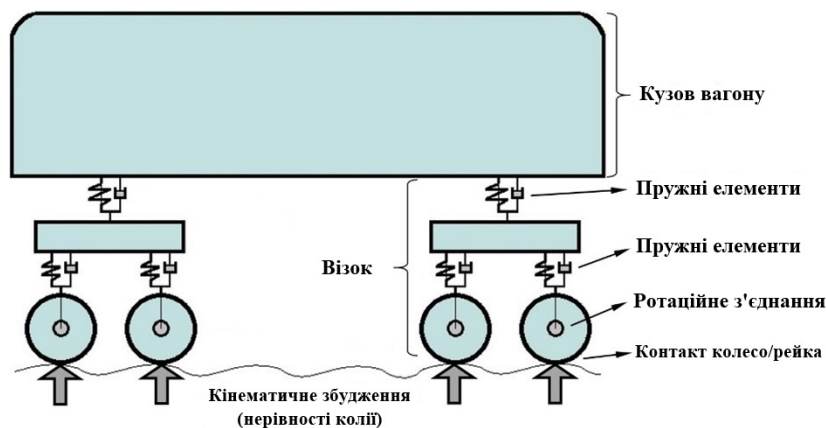


Рис. 1 - Динамічна схема рейкового транспортного засобу що досліджується

Модель залізничної колії

Модель залізничної колії для імітаційних розрахунків повинна мати визначену геометрію, пружність [22, 23], а також нерівності [24, 25].

Номінальна геометрія залізничної колії визначається її положенням, яке задається прямими ділянками колії, радіусами кривих, довжинами окремих кривих, нахилами рейок тощо [18, 26, 27].

Модель залізничної колії передбачає визначення типу рейок та їх профілю й задання вхідних параметрів щодо руху транспортного засобу. Враховується також нерівності колії та знос профілів коліс, рейок та інші необхідні параметри [1, 28]. Модель досліджуваного рейкового транспортного засобу та залізничної колії, створена в середовищі програмного забезпечення Simpack.

Імітаційні розрахунки проводилися з моделлю рейкового транспортного засобу, що представляє собою залізничний пасажирський вагон. Дана модель вагона складена в програмному забезпеченні Simpack з трьох підструктур, а саме: кузова вагона, переднього візка та заднього візка (по ходу руху). Вагон обладнано двоступеневою системою ресорного підвішування, перший ступінь – між колісними парами та рамою візка, другий – між рамою візка та кузовом вагона. Перший та другий ступені ресорного підвішування складаються з циліндричних пружин та гідравлічних гасителів коливань.

З погляду механіки розрахункова модель вагона створюється з твердих тіл з заданими параметрами маси та інерції, які з'єднуються між собою безмасовими пружними елементами, які

в програмному забезпеченні Simpack називаються силовими елементами. Просторову модель пасажирського вагона наведено на рисунку 2.

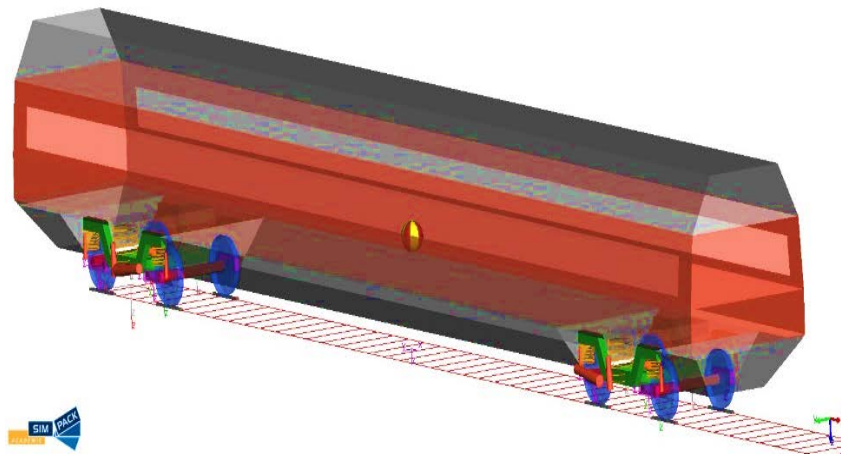


Рис. 2 – Просторова модель досліджуваного пасажирського вагона

Просторова модель візка вагона наведено на рисунку 3. На ньому також позначено окремі компоненти системи підвішування, які є важливими для подальших досліджень, описаних нижче. Ці компоненти позначаються наступним чином:

- k_P – жорсткість пружин першої ступені ресорного підвішування;
- k_S – жорсткість пружин другої ступені ресорного підвішування;
- b_{PV} – коефіцієнт демпфірування вертикального гідравлічного гасника коливань першої ступені ресорного підвішування;
- b_{VD} – коефіцієнт демпфірування податливого гідравлічного гасника першої ступені ресорного підвішування;
- b_{VD} – коефіцієнт демпфірування бокового гідравлічного гасника коливань першої ступені ресорного підвішування;
- b_{LD} – коефіцієнт демпфірування вертикального гідравлічного гасника коливань другої ступені ресорного підвішування.

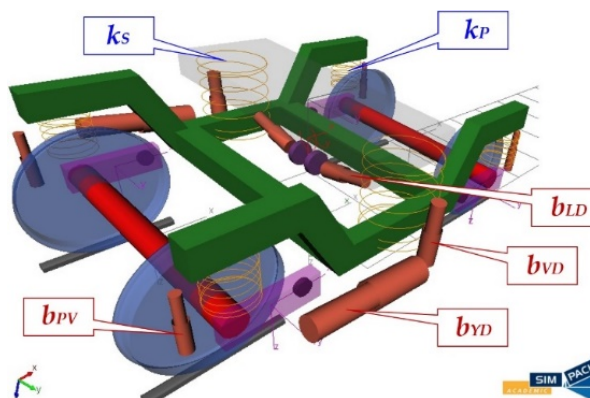


Рис. 3 – Візок вагона з позначенням елементів системи ресорного підвішування

Залізнична колія є ще однією важливою частиною просторової моделі. В дослідженні авторами обрана залізнична колія, що є реальною ділянкою колії. Використана модель колії придатна для проведення необхідних імітаційних розрахунків та подальшої оцінки динамічних параметрів, оскільки включає не тільки прямі ділянки, але й ділянки з кривими різного радіусу, ухилами тощо. Ширина колії – 1435 мм, профіль головки рейки UIC60, ухил рейок – 1:40. Ці

параметри визначені у вхідному файлі колії. Вигляд колії в горизонтальній площині моделі показано на рисунку 4.

Одним з найголовніших параметрів при створенні моделі колії є характеристика її нерівності. Даний параметр в моделі колії є важливим з точки зору руху пасажирського вагона для імітації умов близьких до реальних.

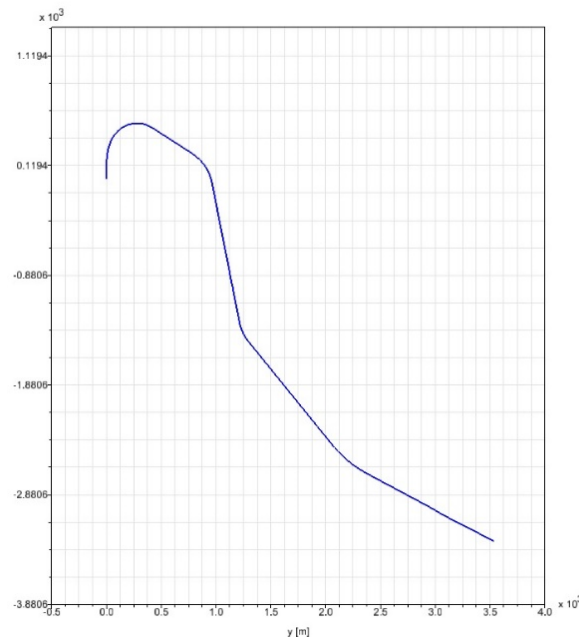


Рис. 4 – Ілюстрація створеної моделі залізничного полотна

Результати імітаційних розрахунків щодо впливу зміни параметрів ресорного підвішування на динамічні показники залізничного рухомого складу

Параметри циліндричної пружини та гідравлічного гасителя коливань першої та другої ступені ресорного підвішування змінювалися трьома способами. Водночас збережено співвідношення жорсткості пружин, а також співвідношення демпфірування вертикальних гасителів коливань першої та другої ступені ресорного підвішування. Коефіцієнти демпфірування решти гасителів коливань залишилися без змін. Характеристики жорсткості пружин – лінійні, а характеристики коефіцієнтів демпфірування – нелінійні (табл. 1).

Визначення пружних та демпфуючих характеристик, виходячи з вихідних параметрів, названо «Оригінал». Співвідношення жорсткості пружин k_S/k_P в даному випадку становить 0,587. На наступному етапі визначено та перевірено, шляхом імітаційних розрахунків, комбінації співвідношень k_P та k_S , а також характеристик b_{PV} та b_{VS} . У статті представлені лише обрані комбінації k_P і k_S та b_{PV} і b_{LD} для відображення їх впливу на динамічну характеристику рейкового рухомого складу. Ці параметри наведені в таблиці 1, де вказано на скільки відсотків змінилися початкові значення k_P , k_S , b_{PV} і b_{LD} . Зміни були, як у бік зменшення (знак "-"), так і в бік збільшення (знак "+").

Табл. 1 – Перелік параметрів пружних та демпфуючих елементів

Позначення	Назва	Жорсткість		Коефіцієнт демпфірування	
		k_P	k_S	b_{PV}	b_{SV}
О	Оригінал	0%	0%	0%	0%
I	Модифікація I	-45%	+45%	-45%	+45%
II	Модифікація II	+45%	-45%	+45%	-45%

Імітаційні розрахунки рейкового транспортного засобу виконано при різних швидкостях руху. У цьому розділі наведено осцилограми показника запасу стійкості проти сходу коліс з

рейок при швидкості руху 60 км/год. Ця швидкість є середньою швидкістю для обраних ділянок колії і достатньою мірою ілюструє результати досліджень.

На рисунках 5, 6, 7 наведено осцилограми досліджуваної величини – показника запасу стійкості проти сходу коліс з рейок, який виражається відношенням Y/Q . Як зазначалося вище, він є ключовим фактором для оцінки безпеки руху рейкового рухомого складу в кривих. Відображаються результати для вихідного «оригінального» вагона, «модифікації I» та «модифікації II».

Значення відношення Y/Q в жодному з розглянутих випадків не перевищили граничного допустимого значення, яке становить для кривих ділянок колії $Y/Q_{lim} = 0,8$ [29, 30]. Досліджуваний транспортний засіб проходив криві у всіх досліджуваних випадках безпечно.

Як видно, «оригінальна» система ресорного підвішування не забезпечує належного демпфірування вагону після проходження кривих (рис. 5, часові діапазони 60-70 с та 210-350 с), а амплітуди показника запасу стійкості проти сходу коліс з рейок є більшими у порівнянні з результатами для «Модифікації I» та «Модифікації II».

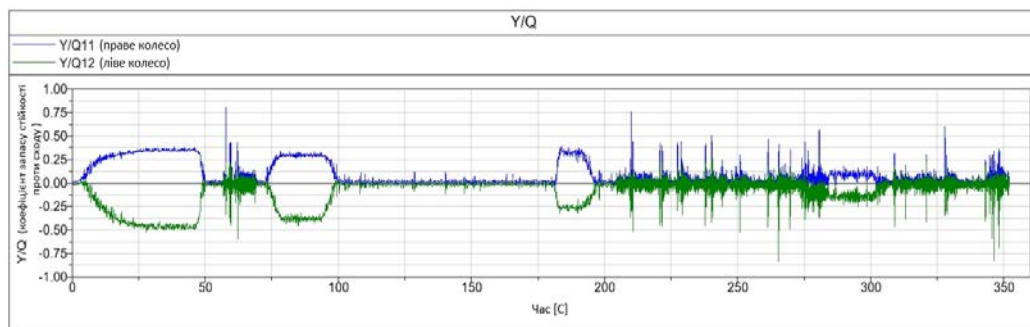


Рис. 5 – Показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q для параметрів «Оригінал», реальна колія з нерівностями (швидкість руху 60 км/год)

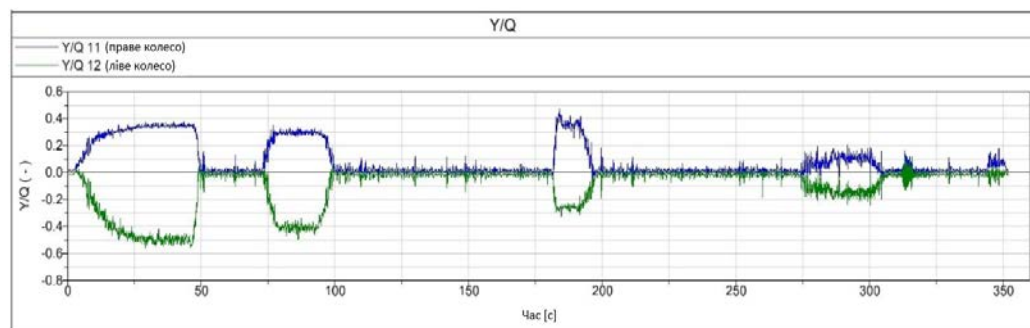


Рис. 6 – Показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q для параметрів «Модифікація I», реальна колія з нерівностями (швидкість руху 60 км/год)

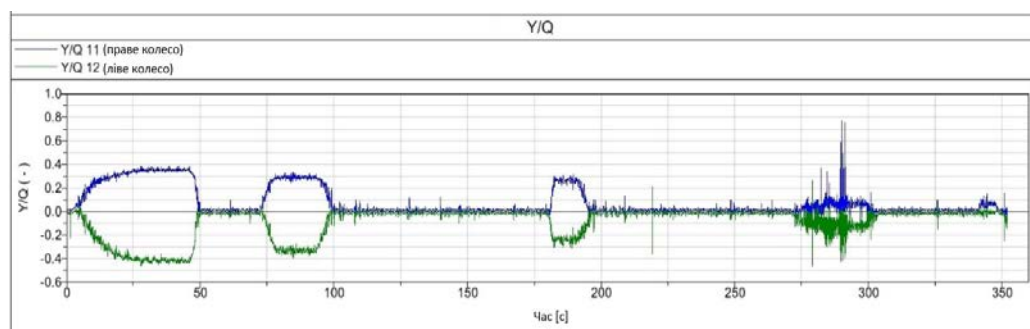


Рис. 7 – Показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q для параметрів «Модифікація II», реальна колія з нерівностями (швидкість руху 60 км/год)

Результати імітаційних розрахунків щодо впливу пружності залізничної колії на рух рейкового транспортного засобу

Моделювання рейкового транспортного засобу в імітаційному програмному забезпеченні, як правило, виконується для твердої залізничної колії. Однак є технічні завдання, для яких необхідно враховувати той факт, що залізнична колія та її земляне полотно не є ідеально твердими, а мають певну пружність.

Програмний комплекс Simpack дозволяє створити таку пружну модель залізничної колії, яка може наблизити умови дослідження до реального залізничного полотна. Створення пружної колії в цьому програмному забезпеченні виконується під час моделювання візка, а саме при визначенні параметрів контакту колеса з рейкою, далі модель колії імпортується для всієї моделі рейкового транспортного засобу.

Коефіцієнти жорсткості та демпфірування в з'єднаннях між окремими тілами, що представляють собою шпали, можуть бути визначені двома способами:

- шляхом визначення постійних значень параметрів жорсткості та демпфірування;
- шляхом визначення функціональної залежності параметрів жорсткості та демпфірування, при цьому параметри залежать від пройденої ділянки колії і такий підхід враховує зміну цих параметрів на різних ділянках залізничного полотна.

Схема моделі пружної залізничної колії, що використовувалася в дослідженнях, представлена на рисунку 8.

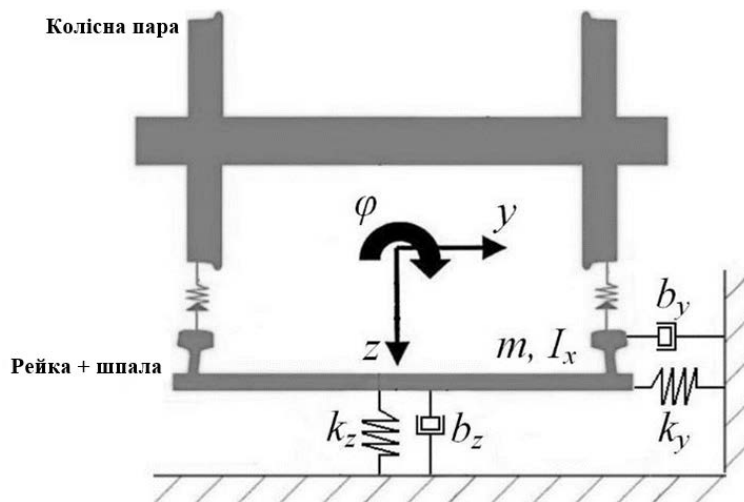


Рис. 8 – Схема пружної моделі залізничної колії

У статті застосовано обидва підходи до моделювання пружної залізничної колії. Формули, що використовуються для моделювання наведені нижче:

$$k_i(L) = k_{i0} + k_{ic} \cdot \sin[\omega_L \cdot (L(t) - L_0)] \quad (2)$$

$$b_i(L) = b_{i0} + b_{ic} \cdot \sin[\omega_L \cdot (L(t) - L_0)] \quad (3)$$

де $k_i(L)$ – жорсткість колії в окремих напрямках ($k_i(L)$ залежить від пройденого шляху), k_{i0} – постійна жорсткість в окремих напрямках, k_{ic} – амплітуда жорсткості, ω_L – частота, $L(t)$ – пройдена ділянка колії, L_0 – зміщення початкового входу для плавної конвергенції кроку ітерації, $b_i(L)$ – коефіцієнт демпфірування в окремих напрямках, b_{i0} – постійне значення коефіцієнта демпфірування в окремих напрямках, b_{ic} – амплітуда коефіцієнта демпфірування. Значення коефіцієнтів жорсткості та демпфірування визначаються в моделі симетрично відносно поздовжньої площини симетрії, тобто однакові параметри визначаються як для правої, так і для лівої рейки.

Для ідентифікації отриманих результатів для різних моделей залізничної колії використовуються такі позначення:

- жорстка колія позначається як «Rigid»;
- пружна колія з постійними параметрами жорсткості та демпфірування позначається як «Flex_const»;
- пружна колія зі змінними параметрами жорсткості та демпфірування позначається як «Flex_sin».

Постійні параметри жорсткості та демпфірування для пружної моделі колії наведено в таблиці 2.

Табл. 2 – Параметри жорсткості та демпфірування для пружної моделі колії

Параметр	Позначення	Значення
Жорсткість у вертикальному напрямку	k_z	1.49×10^8 Н/м
Демпфірування у вертикальному напрямку	b_z	2.10×10^5 Н·с/м
Жорсткість в бічному напрямку	k_y	4.21×10^7 Н/м
Демпфування в бічному напрямку	b_y	10.12×10^4 Н·с/м
Жорсткість на кручення (відносно осі x)	k_ϕ	8.77×10^7 Н·м/рад
Демпфірування кручення (відносно осі x)	b_ϕ	1.25×10^5 Н·м·с/рад

Для оцінки рейкового транспортного засобу з точки зору безпеки руху та навантаження на колію важливе значення мають вертикальні сили, що діють на колеса, бічні сили, що діють на колеса та описаний показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок. Зміни цих показників наведено на рисунках 9-11. Результати імітаційних розрахунків наведено для руху зі швидкістю 60 км/год та для моделей колії «Rigid», «Flex_const» та «Flex_sin».

Оцінюючи отримані графічні залежності (рис. 9-11) для різних типів колії, можна зробити висновок, що використання пружної моделі колії з постійними значеннями параметрів жорсткості та демпфірування «Flex_const» приводить до часткового демпфірування динамічних ефектів при русі рейкового рухомого складу. Амплітуди вертикальних сил, що діють на колеса Q є меншими переважно під час руху в кривих. Більший ефект демпфірування спостерігається також для бокових сил, що діють на колеса Y та показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q . Показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок є вищим під час руху в кривих, порівняно з рухом на прямих ділянках колії.

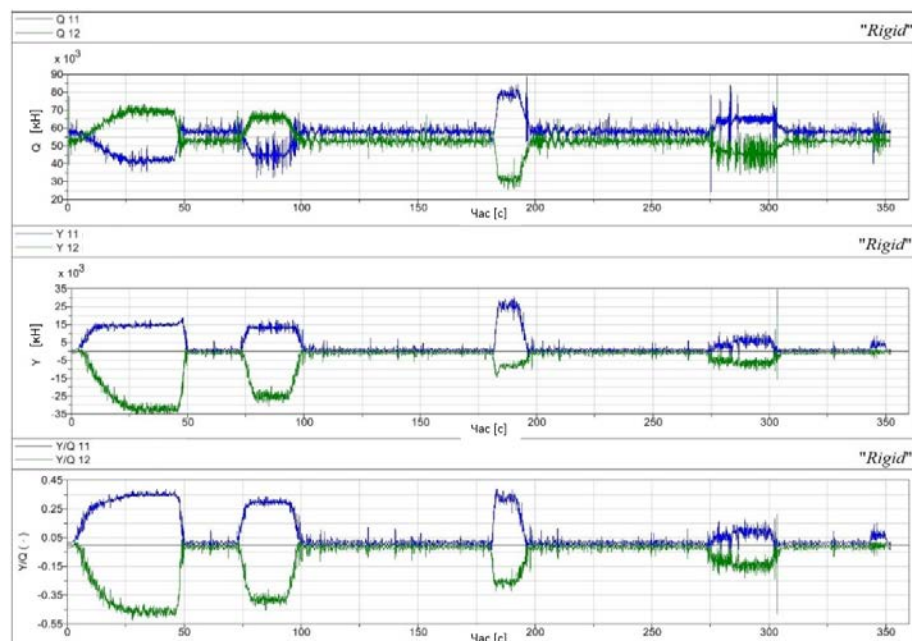


Рис. 9 – Досліджувані параметри рухомого складу, модель колії «Rigid»
(швидкість руху 60 км/год)

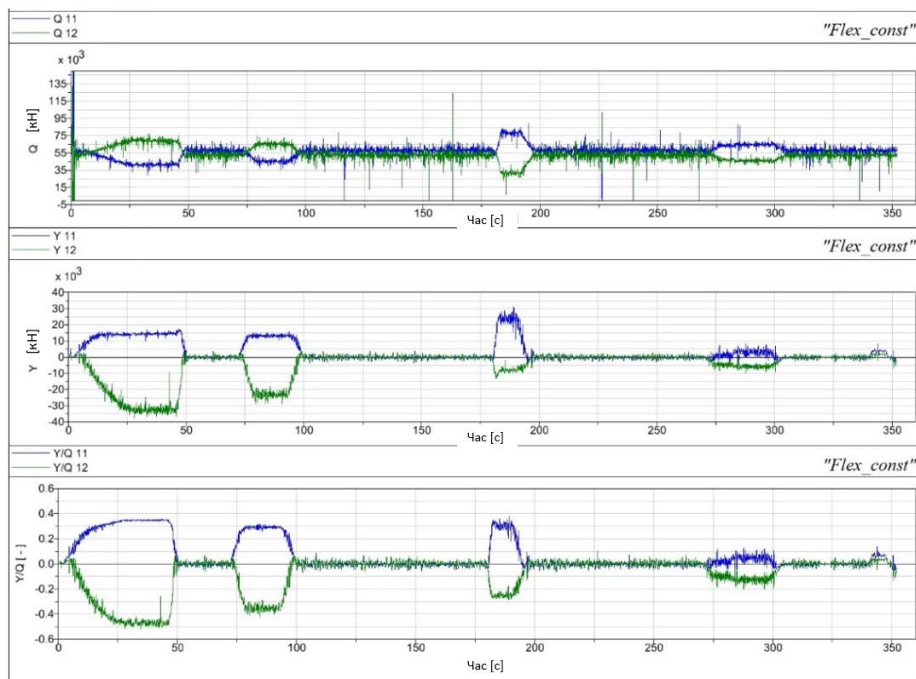


Рис. 10 – Досліджувані параметри рухомого складу, модель колії «Flex_const» (швидкість руху 60 км/год)

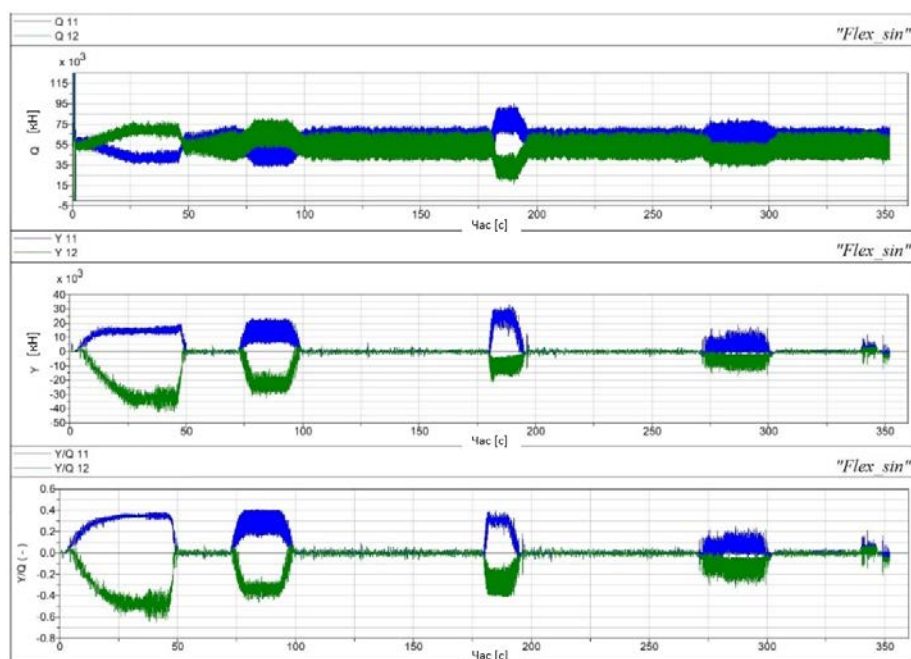


Рис. 11 – Досліджувані параметри рухомого складу, модель колії «Flex_sin» (швидкість руху 60 км/год)

Отримані результати імітаційних розрахунків показали, що амплітуди вертикальних сил, що діють на колеса Q , бокових сил, що діють на колеса Y , а отже і показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q значно вищі для пружної залізничної колії зі змінними параметрами жорсткості та демпфірування «Flex_sin» в порівнянні з результатами для колії «Rigid» та «Flex_const». Зростання амплітуди діючих сил зумовлено змінними параметрами колії. Використана модель не описує характеристик реальної залізничної колії, але максимально до неї наближена. Розрахунки можуть бути покращені при використанні значень, отриманих

безпосередньо з експериментальних вимірювань на конкретній ділянці колії, які могли б замінити вхідні дані в наявній моделі залізничної колії.

Висновок

Комп'ютерне моделювання може використовуватися для дослідження та оцінювання динамічних характеристик рейкового транспорту під час руху залізничною колією. Аналіз безпеки руху залишається актуальною проблемою, водночас дуже важливим є розподіл зусиль у зоні контакту колеса з рейкою. В основному досліджуються вертикальні сили, що діють на колеса із погляду навантажень на рейки та бічні сили, які впливають на безпеку руху в кривих. Результатом співвідношення вертикальних та бічних сил є показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок.

У представленому дослідженні:

- використано комерційне програмне забезпечення Simpack для проведення імітаційних розрахунків динамічних та ходових властивостей рейкового транспортного засобу;
- створено віртуальну модель пасажирського вагону, а також модель залізничної колії;
- оцінені динамічні сили та показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок для трьох різних модифікацій характеристик жорсткості і демпфірування рейкового транспортного засобу, а також для трьох різних типів пружності залізничної колії.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про вплив жорсткості ресорного підвішування і коефіцієнту демпфірування гасителів коливань першої ступені ресорного підвішування, де модифікації їх співвідношень («Модифікація І» та «Модифікація ІІ») призводять до кращого демпфірування механічної системи під час руху рейкового транспортного засобу в порівнянні з «оригінальними» характеристиками. Але значення показника запасу стійкості проти сходу коліс з рейок Y/Q в жодному з випадків не перевищує граничного допустимого значення, яке становить для кривих ділянок колії $Y/Q_{lim} = 0,8$, і досліджуваний транспортний засіб проходив криві у всіх досліджуваних випадках безпечно.

У випадку використання для моделювання пружної моделі залізничної колії відбувається зростання амплітуд сил, що діють на колеса рейкового транспортного засобу, у порівнянні з використанням колії із твердою конструкцією.

Література

1. Šťastniak, P. Computer aided simulation analysis for wear investigation of railway wheel running surface / P. Šťastniak, L. Smetanka, P. Drozdziel // Diagnostyka. – 2019. – Vol. 20. – P. 63-68. DOI: 10.29354/diag/111569.
2. Wu Y.W. A new vertical dynamic model for railway vehicle with passenger-train-track coupling vibration / Y.W. Yu, L.L. Zhao, C.C. Zhou // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part K. Journal of Multibody Dynamics. – 2020. – Vol. 234, Iss. 1. – P. 134-146. DOI: 10.1177/1464419319879790.
3. Low-frequency carbody sway modelling based on low wheel-rail contact conicity analysis / Y. Wu, J. Zeng, S. Qu, H. Shi, Q.S. Wang, L. Wei // Shock and Vibration. – 2020. – Vol. 2020. DOI: 10.1155/2020/6671049.
4. Shevtsov Y.I. Wheel/Rail Interface Optimisation / Y.I. Shevtsov // Delft University of Technology, 2008.
5. Multibody model of railway vehicles with weakly coupled vertical and lateral dynamics / S. Muñoz, J.F. Aceituno, P. Urda, J.L. Escalona // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2019. – Vol. 115. – P. 570-592. DOI: 10.1016/j.ymssp.2018.06.019.
6. Lack T. Freight car bogie properties analysis by means of simulation computations / T. Lack, J. Gerlici, M. Maňurová // Manufacturing Technology. – 2016. – Vol. 16. – P. 733-739. DOI: 10.21062/ujep/x.2016/a/1213-2489/MT/16/4/733.
7. Gerlici J. Modified HHT method for vehicle vibration analysis in time domain utilization / J. Gerlici, T. Lack // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 486. – P. 396-405. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.486.396.
8. The stability analysis of two-wheeled vehicle model / J. Gerlici, V. Sakhno, A. Yefymenko, V. Verbitskii, A. Kravchenko, K. Kravchenko // MATEC Web Conf. (MMS). Proceedings of the 22nd

- Slovak-Polish Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations (MMS 2017). – 2018. – Vol. 157. DOI: 10.1051/mateconf/201815701007.
9. Chudzikiewicz A. Application of computer simulation methods for running safety assessment of railway vehicles in example of freight cars / A. Chudzikiewicz, M. Opala // *New Trends in Mechanics and Transport*. – 2008. – Vol. 9. – P. 63-71. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.9.61.
10. Opala M. Analysis of experimental data in the context of safety against derailment of a railway vehicle, using the energy method / M. Opala // *Key Engineering Materials*. – 2012. – Vol. 518. – P. 66-23. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.518.16.
11. Opala M. Statistical inference of the railway vehicle running safety using monitoring data / M. Opala // *Proceedings of the Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, Hungary, 5–7 November 2012*. – 2012.
12. Evaluation criteria of wheel/rail interaction measurement results by trackside control equipment / G. Bureika, M. Levinzon, S. Dailydka, S. Steisunas, R. Zygiene // *International Journal of Heavy Vehicle Systems*. – 2019. – Vol. 26. – P. 747-764. DOI: 10.1504/IJHVS.2019.102682.
13. Wear calculation of wheel tread surface of a rail vehicle by means of the SIMPACK program / L. Smetanka, J. Dižo, P. Šťastniak, M. Blatnický // *Railway Transport and Logistics: scientific-technical journal about railway transport, logistics and management*. – 2017. – Vol. 13. – P. 19-24.
14. Smetanka L. Comparison of wear laws programed in the SIMPACK software / L. Smetanka, P. Šťastniak, J. Dižo // *Proceedings of the Experimental and Calculation Methods in Engineering, Ústí Nad Labem, Czech Republic, 22–23 June 2017*.
15. Prediction of the rail-wheel contact wear of an innovative bogie by simulation analysis / A. Pavlik, J. Gerlici, T. Lack, V. Hauser, P. Šťastniak // *Transportation Research Procedia*. – 2019. – Vol. 40. – P. 855-860. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.120.
16. Lack T. Wheelset/rail geometric characteristics and contact forces assessment with regard to angle of attack / T. Lack, J. Gerlici, P. Šťastniak // *Proceedings of 23rd Polish-Slovak Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations (MMS 2018)*. – 2019. – Vol. 254. DOI: 10.1051/mateconf/201925401014.
17. Proposal of a steering mechanism of a tram bogie with three axle boxes / V. Hauser, O. Nozhenko, K. Kravchenko, M. Loulova, J. Gerlici, T. Lack // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 192. – P. 289-294. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.050.
18. Šťastniak P. Freight long wagon dynamic analysis in S-curve by means of computer simulation / P. Šťastniak // *Manufacturing technology: journal for science, research and production*. – 2015. – Vol. 15. – P. 930-935. DOI: 10.21062/ujep/x.2015/a/1213-2489/MT/15/5/930.
19. Lack T. Modified strip method utilization for wheel/rail contact stress evaluation / T. Lack, J. Gerlici // *Proceedings of the 9th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems (CM), Chengdu, China, 27–30 August 2012*. – 2012. – P. 87-89.
20. Mikaliunas Š. The analysis of wear intensity of lubricated and unlubricated locomotive wheelsets flanges / Š. Mikaliunas, L.P. Lingaltis, G. Vaičiūnas // *Transport*. – 2004. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 32-39. DOI: 10.1080/16484142.2004.9637950.
21. Nangolo N.F. System identification for under damped mechanical systems / N.F. Nangolo, F. Klimenda // *Proceedings of 52nd International Conference on Experimental Stress Analysis (EAN 2014), Mariánské Lázně, Czech Republic, 2–5 June 2014*.
22. Grassie S. L. The dynamic response of railway track with flexible sleepers to high frequency vertical excitation / S. L. Grassie, S. J. Cox // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D. Journal of Automobile Engineering*. – 1984. – Vol. 198. – P. 117-124.
23. Moravčík M. Vertical track stiffness effect on dynamic behavior of track structure / M. Moravčík // *Communication: Scientific Letters of the University of Žilina*. – 2004. – Vol. 6. – P. 10-16. DOI: 10.26552/com.C.2004.3.10-16.
24. Ning J. Time-frequency processing of track irregularities in high-speed train / J. Ning, J. Lin, B. Zhang // *Mechanical System and Signal Processing*. – 2016. – Vol. 66-67. – P. 339-348. DOI: 10.1016/j.ymssp.2015.04.031.

25. Lei X. Analyses of dynamic response of vehicle and track coupling with random irregularity of track vertical profile / X. Lei, N.A. Noda // Journal of Sound and Vibration. – 2002. – Vol. 258, Iss. 1. – P. 147-165. DOI: 10.1006/jsvi.2002.5107.
26. Bitterer L. A track geometry / L. Bitterer. – Žilina, Slovakia: University of Žilina, 1997.
27. Wicknes A. H. Fundamentals of Rail Vehicle Dynamics: Guidance and Stability / A. H. Wicknes. – Lisse: Swets & Zeitlinger B.V, 2003.
28. Berggren E.G. A new approach to the analysis and presentation of vertical track geometry quality and rail roughness / E.G. Berggren, M. X. Li, J. Spännar // Wear: An International Journal on the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear. – 2008. – Vol. 265. – P. 1488-1496. DOI: 10.1016/j.wear.2008.01.029.
29. Railway applications – Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Running Behavior and Stationary Tests: EN 14363:2016. – [Released: 2016-02-24]. – European Committee for standardization.
30. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior Safety – Track Fatigue – Ride Quality: UIC Code 518. – International Union of Railways (UIC), 2009. – 129 p.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Іщук Вадим Васильович,

аспірант кафедри «Транспортні та підйомно-транспортні машини», Жилінського університету в Жиліні.
Вул. Універзйтна, 8215/1, м. Жиліна,
010 26, Словаччина.
Тел.: +421(41) 513 25 63.
E-mail: vadym.ishchuk@fstroj.uniza.sk.
ORCID iD: 0000-0003-2024-382X.

Діжо Ян,

PhD, доцент, заступник з питань освіти керівника кафедри «Транспортні та підйомно-транспортні машини» Жилінського університету в Жиліні.
Вул. Універзйтна, 8215/1, м. Жиліна,
010 26, Словаччина.
Тел.: +421(41) 513 25 63.
E-mail: jan.dizo@fstroj.uniza.sk.
ORCID iD: 0000-0001-9433-392X.

Блатніцкий Мирослав,

PhD, доцент, педагогічний та науковий працівник кафедри «Транспортні та підйомно-транспортні машини», Жилінського університету в Жиліні.
Вул. Універзйтна, 8215/1, м. Жиліна,
010 26, Словаччина.
Тел.: +421(41) 513 26 59.
E-mail: miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk.
ORCID iD: 0000-0003-3936-7507.

Солчанский Себастьян,

аспірант кафедри «Транспортні та підйомно-транспортні машини», Жилінського університету в Жиліні.
Вул. Універзйтна, 8215/1, м. Жиліна,
010 26, Словаччина.
Тел.: +421(41) 513 25 63.
E-mail: sebastian.solcansky@fstroj.uniza.sk.
ORCID iD: 0000-0003-4104-5574.

Молнар Денис,

аспірант кафедри «Транспортні та підйомно-транспортні машини», Жилінського університету в Жиліні.
Вул. Універзйтна, 8215/1, м. Жиліна, 010 26, Словаччина.
Тел.: +421(41) 513 2659.
E-mail: denis.molnar@fstroj.uniza.sk.
ORCID iD: 0000-0002-9540-8636.

УДК 629.423.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-62-72

Канд. техн. наук Грищенко С. Г.

ПЕРШИЙ УКРАЇНСЬКИЙ МАГІСТРАЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОВОЗ ДЕ1
THE FIRST UKRAINIAN MAINLINE ELECTRIC LOCOMOTIVE DE1

***Ключові слова:** українські залізниці, вантажний електровоз ДЕ1, розробка, конструкція, випробування, експлуатація.*

Залізниці України майже на половину електрифіковані постійним та змінним струмом і за цим показником країна знаходиться на передовому європейському рівні. Електрифікація вітчизняних залізниць почалася постійним струмом напругою 3 кВ у 1932 році після пуску ДніпроГЕСа у Запоріжжі. Будівництво на першій лінії Запоріжжя – Кривий Ріг (Долгинцеве), довжиною 203,6 кілометрів, закінчилося у листопаді 1935 року і ця ділянка Придніпровської залізниці залишалася єдиною в країні до 1955 року. На лінії працювали електровози ВЛ19 радянського виробництва. З середини 1950-х років стартують масштабні роботи з електрифікації найбільш навантажених ділянок інших залізниць України постійним та змінним струмом напругою 3 кВ і 25 кВ, частотою 50 Гц. Протяжність полігонів електровозної тяги на постійному і змінному струмі в країні майже однакова [1]. За часи СРСР магістральний тяговий рухомий склад для ведення вантажних поїздів на електрифікованих ділянках постачався в Україну з російського новочеркаського (НЕБЗ) та грузинського тбіліського (ТЕБЗ) електровозобудівних заводів. На лінії постійного струму постачалися двосекційні електровози серій: ВЛ8, ВЛ10 та ВЛ11.

З розпадом Радянського Союзу постачання нових електровозів в Україну, практично, припинилося. Особливо складна ситуація склалася з вантажними електровозами постійного струму серії ВЛ8, яких на Донецькій та Придніпровській залізницях країни було багато, а встановлений виробником нормативний термін їх експлуатації у 2000 році вже повністю підходив до кінця. Тому Державна адміністрація залізничного транспорту України (Укрзалізниця) розпочала пошук можливостей виробництва магістральних вантажних електровозів постійного струму та іншого залізничного тягового рухомого складу в Україні. З ініціативи Укрзалізниці у 1992 році для активізації робіт зі створення необхідного залізничного рухомого складу для потреб вітчизняних залізниць було підготовлено та прийнято державну програму «Розвиток залізничного транспорту України (вагони вантажні та пасажирські, тепловози, електровози, міський електротранспорт)», у розвиток якої в червні наступного року вийшла Постанова Кабінету міністрів України № 480 «Про розробку та виробництво у 1993-2000 роках магістральних вантажних та пасажирських електровозів». На виконання встановлених державних завдань до Укрзалізниці надійшли пропозиції з розробки, виготовлення та постачання електровозів від наявних двох вітчизняних локомотивобудівельних підприємств: ВАТ «Холдингова компанія (ХК) «Луганськтепловоз» і ДП «Дніпропетровський науково-виробничий комплекс «Електровозобудування» (НВК «ДЕВЗ»), до складу якого входив науково-дослідний інститут (УЕНДІ), а також від інших підприємств щодо постачання вітчизняних комплектуючих до цих локомотивів.

ВАТ «ХК «Луганськтепловоз» мало величезний досвід з проектування і серійного виготовлення магістральних тепловозів різних типів, постачало до НЕБЗ і ТЕБЗ кузови та візки для виробництва електровозів серії ВЛ8, але на той час у підприємства були тільки конструкторські проробки щодо можливостей створення вантажного електровоза на базі екіпажної частини потужного вантажного тепловоза серії 2ТЕ121, у співпраці із новочеркаським

заводом, на замовлення МШС СРСР. ДП «НВК «ДЕВЗ» мало практичний досвід з проектування та серійного виробництва промислових і рудникових електровозів та складних електротехнічних виробів. Враховуючи ці обставини, а також готовність підприємств до виробництва електровозів, керівництвом Укрзалізниці було прийняте рішення розробку і виготовлення дослідних зразків вантажного електровозу постійного струму доручити ДП «НВК «ДЕВЗ».

Роботи зі створення першого вітчизняного магістрального вантажного електровозу постійного струму почалися у ДП «НВК «ДЕВЗ», при підтримці Міністерства промислової політики України та Укрзалізниці, з 1993 року. Проектування електровозу, який отримав індекс ДЕ1, та технології його серійного виготовлення забезпечував УЕНДІ, на чолі з його директором – головним конструктором, д.т.н. Браташом В.О. До створення нового електровоза ДЕ1, було залучено більше десяти наукових центрів і понад двадцять підприємств України: харківське НВО «Електроважмаш», київське НВО «Квант-Радіоелектроніка», мариупольське НВФ «Югтехнотранс», дніпропетровське ДП «ОКТБ ИП» та інші, а також іноземні виробники залізничної продукції. Локалізація електровоза ДЕ1 українськими виробами складала понад 93 % [2].

При створенні електровоза ДЕ1 його проектанти запозичили принципові конструкторські рішення від попередніх двосекційних вантажних електровозів СРСР, а також чеського пасажирського електровоза серії ЧС7. Проте, новий магістральний електровоз ДЕ1 повинен був стати більш потужнішим і досконалим за всіма технічними показниками та експлуатаційними характеристиками.

Магістральний електровоз постійного струму ДЕ1 являє собою восьмиосний локомотив, що складається з двох чотиривісних секцій з індивідуальним приводом тягових осей. За складом обладнання секції однакові. Електровоз серії ДЕ1 розроблявся за формулою ходової частини $(2o-2o)+(2o-2o)$ у двосекційному виконанні, габаритну схему якого наведено на рисунку 1 [3].

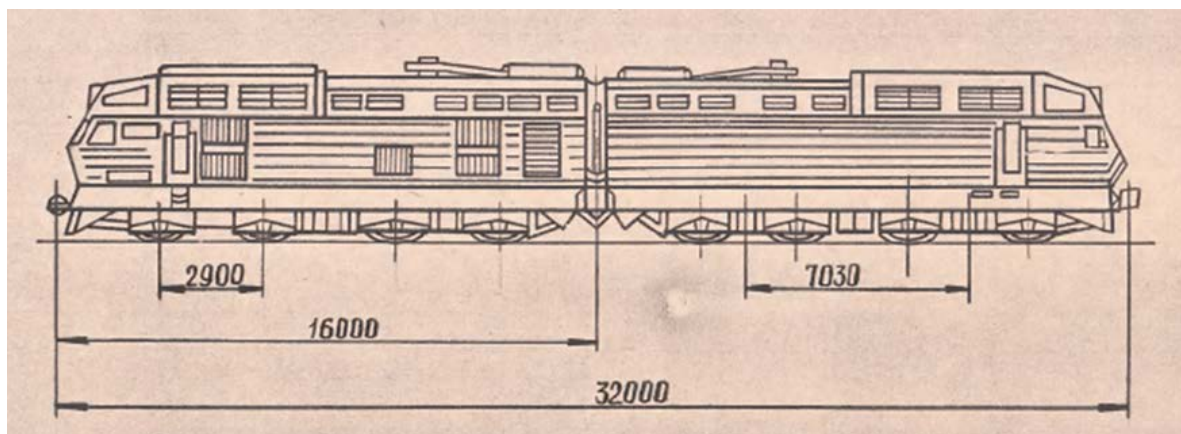


Рис. 1 – Габаритна схема магістрального електровозу ДЕ1 [3]

Кузов електровозу металевий вагонного типу з несучою рамою призначений для розміщення в ньому обладнання локомотиву, його електричного та пневматичного монтажу, а також для передачі тягових та гальмівних зусиль при русі з поїздом. Секції кузова виконані з низьколегової сталі, з кабіною керування та перехідним майданчиком з протилежного торця і з'єднані між собою стандартним автозчепленням. Рама кузова охоплюючого типу є основним елементом його несучої конструкції, що сприймає всі види зовнішніх навантажень і складається з двох боковин, пов'язаних між собою двома буферними брусами і балками коробчатого перерізу. Боковини кузова складаються зі швелерів № 30 та № 16, пов'язаних між собою листом товщиною 6 мм та швелером. Буферні бруси мають короби для установки автозчепів типу СА-3 і два кронштейни на їх нижніх листах для зв'язку з похилими тягами передачі повздовжніх зусиль на кузов від візків при тязі та зворотних при гальмуванні. Бічні стінки кузова складені з гнутих профілів, обшитим сталевими гофрованими листами товщиною 2 мм. Лобова стінка кузова теж виконана з гнутих профілів та обшита плоским сталевим листом товщиною 3 мм. На даху, в

передній частині кожної секції електровозу, розташовані пуско-гальмівні резистори, а в задній частині секції - струмоприймач асиметричного типу (напівпантограф) та головні повітряні резервуари. При статичному навантаженні металоконструкції кузова секції силами розтягування та стиснення напруження у найнебезпечніших місцях не перевищували допустимого значення 260 МПа.

Кузови секцій електровоза ДЕ1 спираються на два двовісні безшкворневі візки з індивідуальним приводом на вісі та опорно-осьовою підвіскою тягових електродвигунів [4]. Загальний вигляд конструкції візка наведено на рисунку 2.

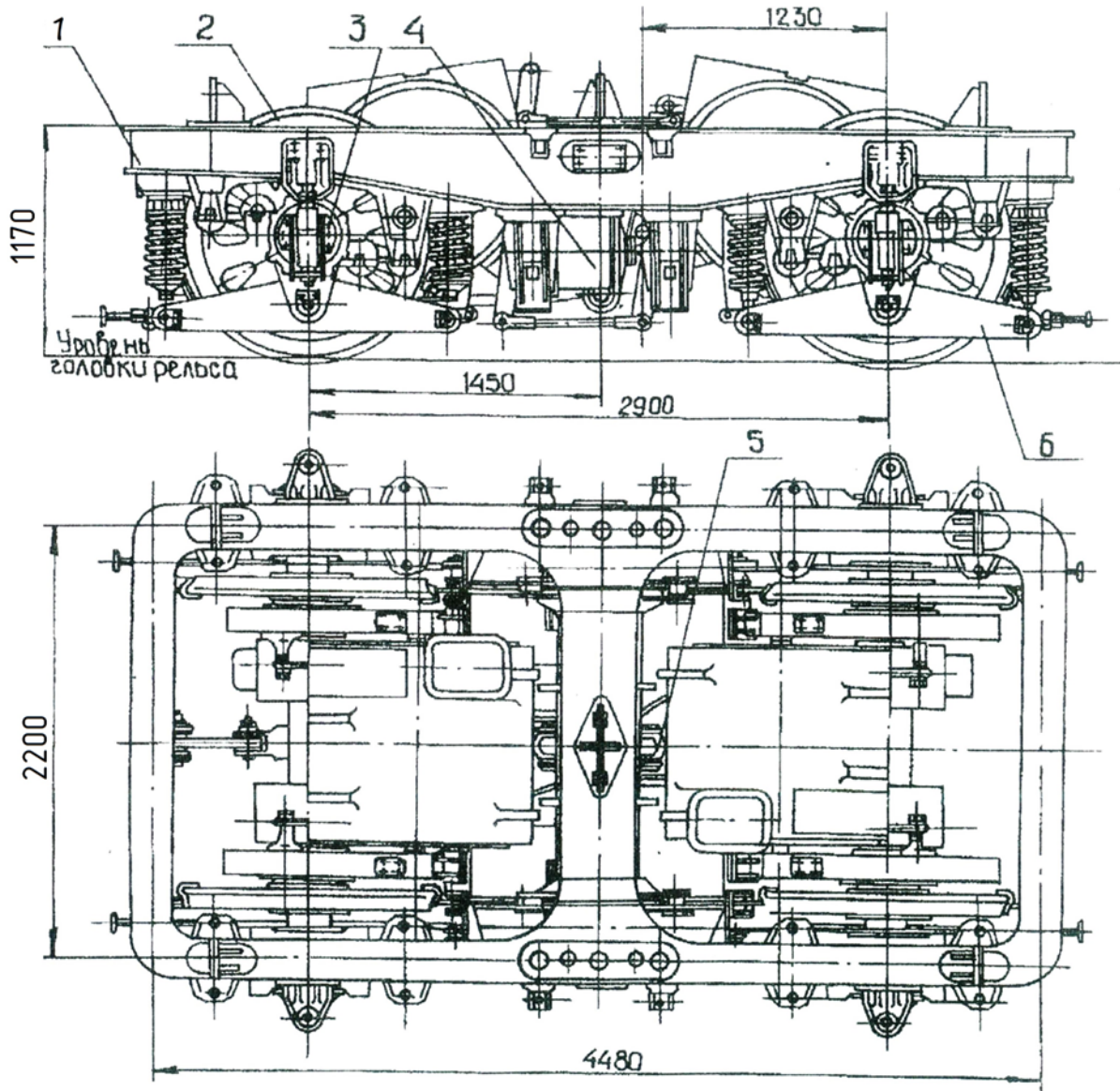


Рис. 2 – Креслення загального вигляду візка електровозу ДЕ1[4]:
 1 – рама візка; 2 – колісна пара; 3 – букса; 4 – гальмівна система;
 5 – підвіс тягового електродвигуна; 6 – ресорне підвішування

Рама візка складається з двох зварних поздовжніх боковин коробчатого перерізу зі сталі 09Г2Д, які пов'язані між собою середнім і двома кінцевими брусами такої ж конструкції. До боковин та брусів приварені литі зі сталі 20Л та зварні кронштейни для кріплення буксових повідців, гальмівних підвісок, підвісок тягових електродвигунів і кріплень похилих тяг для передачі сил тяги та гальмування електровоза.

Встановлені у візку два колісно-моторних блоки складаються з колісної пари і тягового електродвигуна. До складу колісної пари входять литі колісні центри фігурного перерізу зі сталі 25Л, з бандажами і бандажними кільцями, вісь та зубчасті колеса, які напресовано на вісь. Діаметр коліс з новими бандажами 1250 мм, товщина бандажа 90 мм. Тягові електродвигуни мають опорно-осьову підвіску та спираються через моторно-осьові підшипники з польстерами на вісі колісних пар, а через резинові пружні амортизатори на рами візків. На обох кінцях валів двигунів насаджені шестірні, що знаходяться в зачепленні з косозубими колесами колісної пари і формують двосторонню тягову зубчасту передачу локомотива, з передаточним числом 3,83. Шестерні та зубчасті колеса закриті кожухами, з ущільненнями на вісі, в які залите мастило [3, 5, 6].

На зовнішніх шийках вісі колісної пари встановлені буксові вузли з роликowymi підшипниками та вісевими струмознімачами. Кожен буксовий вузол колісної пари з'єднуються з кронштейнами рами візка за допомогою двох повідців із гумометалевими шарнірами (рис. 3).

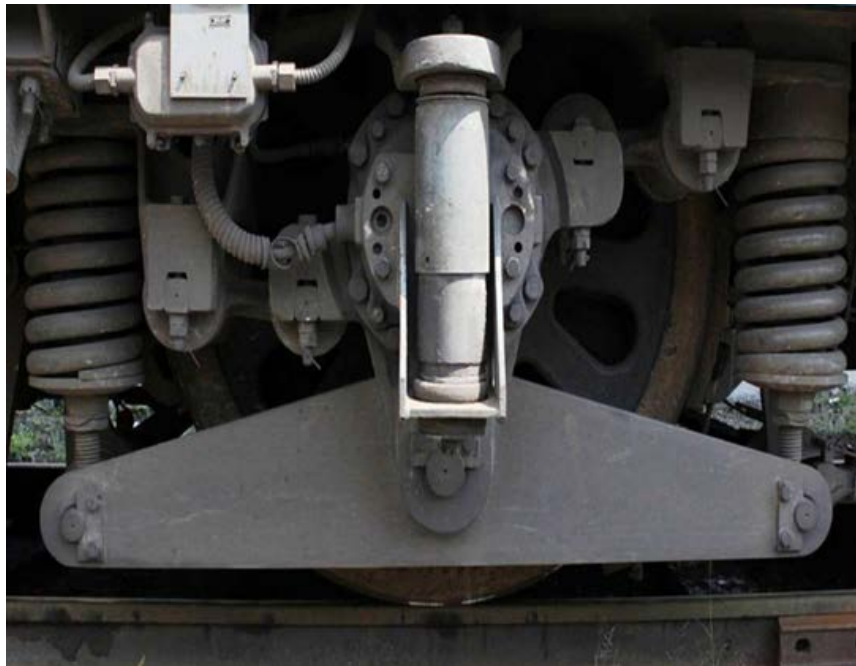


Рис. 3 – Буксовий вузол колісної пари з ресорним підвішуванням електровоза ДЕ1 [6]

Ресорне підвішування кожного буксового вузла колісної пари під рамою візка індивідуальне і складається з двох гвинтових пружин та гідравлічного гасника коливань, що спираються на балансири закріплені на корпусах букс. Статичний прогин ресорного підвішування 84 мм [4].

Важільна гальмівна система колісно-моторного блоку виконана з двостороннім натисканням чавунних колодок на кожне колесо і забезпечує передавальне число 1,43. При розрахунковому тиску в гальмівному циліндрі $3,72 \text{ кгс/см}^2$ зусилля натискання чавунних гальмівних колодок на одну колісну пару локомотива становить 15,8 т [4, 6].

Для отримання кращих динамічних показників екіпажу у електровозі ДЕ1 впроваджено нову конструкцію люлечного підвішування кузова локомотива на візках (рис. 4), зі статичним прогином 120 мм. Кузов з кожної сторони візка з'єднаний двома похилими люлечними підвісками 1 (див. рис. 4) з проміжними балками 2, які через комплекти дворядних циліндричних пружин 3 спираються на боковину рами візка. Шарнірні з'єднання проміжних балок з люлечними підвісками, рамою візка та тягами виконані з використанням шарнірних підшипників, що забезпечують можливість повороту проміжних балок відносно візків у вертикальній площині, а також повороту візків щодо кузова у горизонтальній площині.

З'єднання візків з кузовом електровозу забезпечується за допомогою похилих тяг, схему кріплення яких наведено на рисунку 4. Використання нахилених тяг 8 забезпечує передавання тягового та гальмівного зусиль з візків до кузова з вирівнюванням навантажень по тягловим

колісним осям при зрушенні електровоза з місця, що збільшує його силу тяги по зчепленню і дозволяє реалізувати 100 % зчіпної маси локомотива без додаткових довантажувальних пристроїв. Візки електровоза не містять вузлів тертя, а всі шарнірні з'єднання візків з кузовом виконані герметичними з внутрішнім змащуванням, що спрямовано на зменшення витрат на ремонт та обслуговування екіпажної частини електровоза [4].

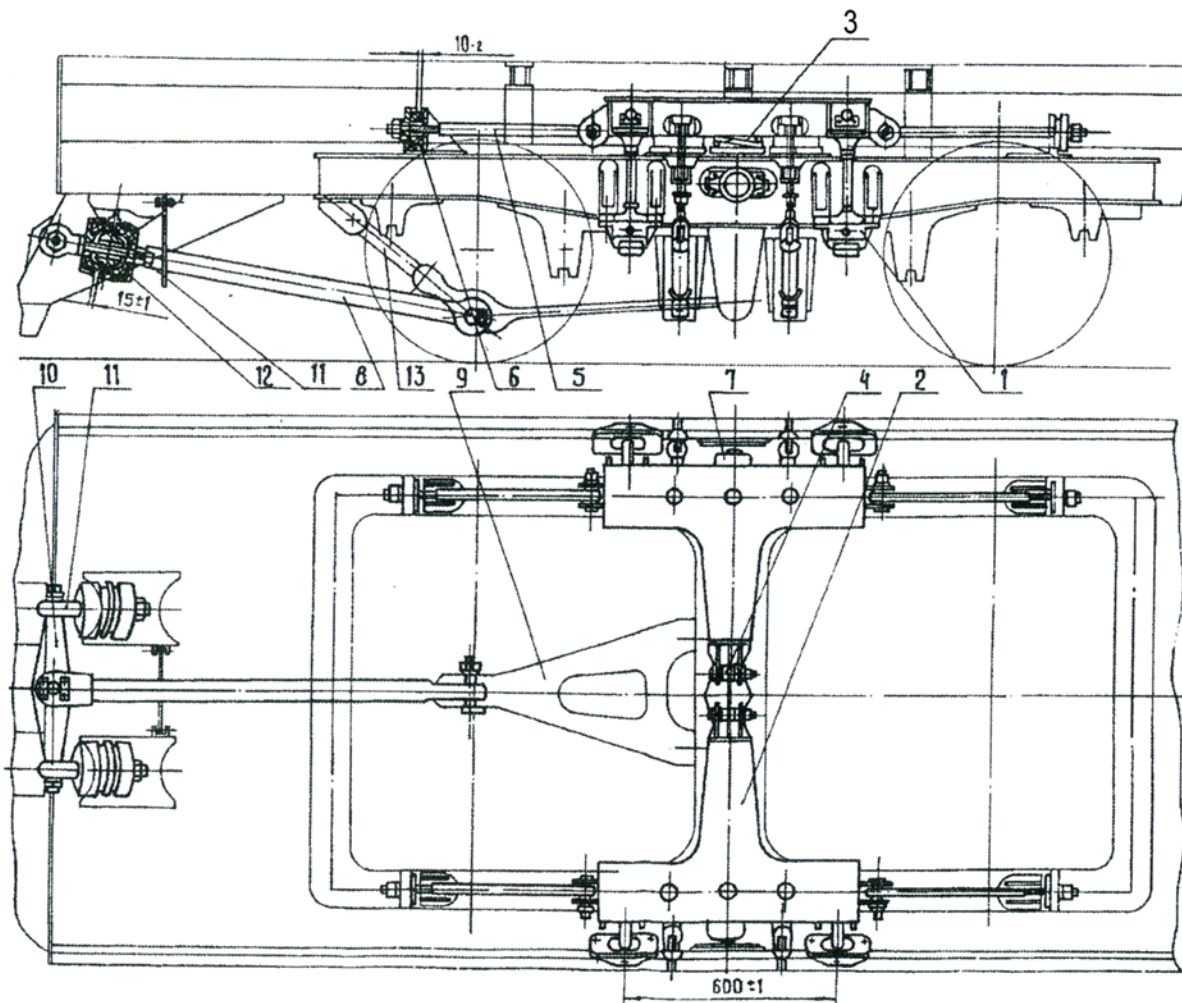


Рис. 4 - Зв'язки візка електровоза ДЕ1 з його кузовом [4]:

- 1 – підвіс люлечний; 2 – балка проміжна; 3 – комплект пружин; 4 – шарнір сферичний;
5, 9, 13 – тяга; 6, 12 – шайба; 7 – упор бічний; 8 – тяга похила; 10 – балансир;
11 – стрижень

Електрична силова схема електровоза ДЕ1 за своїм загальним рішенням схожа на силову схему електровоза ЧС7: система управління електродвигунами – реостатно-контакторна з трьома способами регулювання – введенням реостату, зміною напруги (включенням двигунів у різні схеми) та зміною збудження. Тягові електродвигуни (ТЕД), яких на електровозі вісім, постійно з'єднані послідовно по два, тому що один двигун розрахований на половину напруги контактної мережі – 1500 В. Для відключення несправної групи двигунів встановлені групові перемикачі з пневматичним приводом, керовані з пульта помічника машиніста, а для зміни напрямку руху електровоза – реверсори, аналогічні за конструкцією вимикачам ТЕД [7].

У якості тягових електродвигунів у електровозі ДЕ1 використовуються двигуни постійного струму з послідовним збудженням двох типів: ЕД-141АУ, виробництва ДП «Завод «Електроважмаш», м. Харків, та СТК-730У1, виробництва ВТК НВП «СЕМЗ», м. Сміла, з потужністю у тривалому режимі 730 кВт, а у годинному – 785 кВт [2, 6]. Групи ТЕД можуть з'єднуватися послідовно (С-серієсне з'єднання), послідовно-паралельно (СП-з'єднання) і паралельно (П-з'єднання). На серієсному з'єднанні є 23 реостатні позиції, 24-а позиція є ходовою, тобто на ній допускається тривала їзда локомотива. Ходова позиція на СП-з'єднанні – 40-а, на П-

з'єднанні – 56-а. Всі перемикання в силовій схемі виконуються індивідуальними контакторами [7].

Для приводу допоміжних механізмів використовуються високовольтні електродвигуни з послідовним збудженням. Напругу в бортовій мережі та для заряду акумуляторної батареї, а також для живлення обмоток збудження ТЕД у режимах електричного гальмування забезпечує електромашинний перетворювач напруги, що складається з високовольтного електродвигуна постійного струму з незалежним збудженням і синхронного генератора. З електровоза № 017 електромашинний перетворювач замінено на статичний перетворювач, побудований на базі IGBT-модулів, що дозволило поліпшити масогабаритні та енергетичні показники системи бортового живлення обладнання електровозу і збільшити термін служби його акумуляторних батарей не менше, ніж у два рази [8].

Електрична схема головних електричних ланцюгів електровоза передбачає можливість роботи локомотива у режимі тяги і електричного гальмування. Відмінність схеми основних електричних ланцюгів електровоза ДЕ1 у тяговому режимі від схем головних ланцюгів електровозів постійного струму, що випускалися в СРСР, полягає у способах перегруповування включення ТЕД. Для переходу зі з'єднання «С» на з'єднання «СП» застосовується «вентильний» перехід, а зі з'єднання «СП» на з'єднання «П» – перехід за способом «мосту», що забезпечує зменшення поштовхів сили тяги під час виконання переходів. Крім того, новий електровоз має 56 пускових позицій, що при коефіцієнті нерівномірності сили тяги 0,07 збільшує плавність пуску локомотива. Завдяки цьому в режимі тяги знижуються втрати при пусках та зменшуються питомі витрати електроенергії на тягу до 10 %, у порівнянні з електровозом ВЛ8.

На електровозі ДЕ1 передбачено два режими роботи електричного гальмування: рекуперативний та реостатний, при незалежному збудженні ТЕД. Це дозволяє застосовувати електричне гальмування навіть за відсутності на лінії споживачів електроенергії, що виробляється електровозом при гальмуванні, а також використовувати електричне гальмування, практично, до повної зупинки поїзда, що значно знижує витрату гальмових колодок механічного (пневматичного) гальма та знос деталей важільної гальмової системи локомотива [8].

Живлення ланцюгів керування та освітлення електровозу ДЕ1 напругою 50 вольт, а також обмоток збудження ТЕД при електричному гальмуванні здійснює статичний напівпровідниковий перетворювач, що живиться від контактної мережі. Для надійного захисту силових кіл електровоза, як у режимі тяги, так і в режимах електричного гальмування, встановлено неполяризований швидкодіючий вимикач напруги UR26 компанії Secheron (Швейцарія), який не вимагає постійного догляду і ревізії після спрацювання, а його довговічність у десятки разів більше в порівнянні з вимикачами, які встановлювалися на інших електровозах постійного струму. У локомотиві впроваджено нову мікропроцесорну систему управління тяговою електропередачею (УУТЕП), з використанням програмованих контролерів і системи датчиків, єдиної з системою діагностування локомотива, що дозволяє знизити витрати електроенергії на тягу.

Застосована мікропроцесорна система діагностики дозволяє визначати технічний стан вузлів і устаткування електровоза в процесі його експлуатації та своєчасно попереджати випадки виходу їх з ладу. На екран пристрою відображення інформації видаються повідомлення про всі параметри що контролюються та їх рівні. При досягненні параметрами критичних значень здійснюється запис їх рівнів у знімному запам'ятовуючому пристрої («чорна скринька»), а машиністу подається попереджувальний сигнал [3, 9]. Використання блочного компонування електричних апаратів дозволило значно скоротити кількість монтажних проводів у електричній схемі електровоза, забезпечити зручне обслуговування блоків (з трьох сторін) і можливість зняття будь-якого електричного апарата без розбирання блоку.

Прийняті конструктивні рішення щодо обладнання електровоза ДЕ1 та його електросхеми [3] у більшості відповідали світовому рівню того часу. Основні техніко-економічні показники електровозу, у порівнянні з відповідними показниками електровозів постійного струму того часу країн СНД [10], наведені у таблиці 1. Як свідчать наведені, данні електровоз ДЕ1 за своїми техніко-економічними показниками істотно перевершував всі електровози постійного струму що експлуатувалися на залізницях СНД у той час. Він перевершував їх потужністю, силою тяги та

продуктивністю, забезпечував мінімальні витрати електричної енергії на одиницю перевізної роботи та надавав сподівання на більшу надійність у експлуатації.

Табл. 1 – Технічні показники електровозу ДЕ1, у порівнянні з іншими вантажними електровозами постійного струму країн СНД

Показники	Позначення серій електровозів			
	ДЕ1	ВЛ8	ВЛ10	ВЛ11
Виробник	Україна, ДЕВЗ	Росія, НЕВЗ Грузія, ТЕВЗ	Грузія, ТЕВЗ	Грузія, ТЕВЗ
Осьова формула	2 (2 _о -2 _о)	2 _о +2 _о +2 _о +2 _о	2 (2 _о -2 _о)	2 (2 _о -2 _о)
Максимальна потужність, кВт	6260	4200	5200	5360
Сила тяги у часовому режимі, кН	440	346	384	387
Швидкість у тривалому режимі, км/год	51,6	42,6	47,3	48,7
Максимальна швидкість, км/год	100	100	100	100
Потужність електричного гальма, кВт:				
- рекуперативного	6600	3360	3760	3760
- реостатного	6500	-	-	-
ККД у тривалому режимі	0,90	0,87	0,88	0,88
Зчіпна маса, т	188	180	184	184
Рік початку виробництва	1995	1956	1961	1975

Для забезпечення електровоза і складу що перевозиться стисненим повітрям на кожній секції електровозу ДЕ1 встановлено компресор ПК-5,25А [2], з приводом від високовольтного колекторного електродвигуна постійного струму ДТ61А, потужністю 26 кВт (рис. 5), який нагнітає повітря у основні повітряні резервуари локомотива та забезпечує роботу його пневматичної системи. Відділення вологи зі стиснутого повітря відбувається у встановлених у головних резервуарах жалюзійних сепараторах вологи, які у поєднанні з попереднім охолодженням повітря у змійовику, встановленому на зовнішній торцевій стінці секції електровозу, забезпечують температуру стисненого повітря на виході з другого головного резервуара, практично, рівну температурі навколишнього середовища, що перешкоджає випадінню водяного конденсату зі стисненого повітря. Встановлені датчики-реле впливаючи на роботу компресора забезпечують підтримку тиску стисненого повітря у головних резервуарах на рівні 0,75-0,9 МПа. У разі відсутності повітря в головних резервуарах, для підйому струмоприймачів електровозу та пуску основних компресорів використовуються допоміжні компресори малої продуктивності встановлені у кожній секції, електропривод яких живиться від акумуляторної батареї, та запас стисненого повітря у додаткових повітряних резервуарах об'ємом по 105 л. Гальмівне обладнання електровоза в цілому стандартне – кран машиніста № 395 і кран допоміжного гальма № 254, повітророзподільник № 483М, але є й новий елемент – датчик обриву гальмової магістралі № 418.

На кожній секції електровозу встановлено два відцентрові мотор-вентилятори, кожен з яких обдуває два тягові електродвигуни одного візка. Привід вентиляторів здійснюється від високовольтних колекторних електродвигунів. Для регулювання інтенсивності обдування ТЕД та їх температури мотор-вентилятори мають три частоти обертання – низьку, середню і високу, що

досягається включенням усіх чотирьох вентиляторів електровоза послідовно, послідовно-паралельно або паралельно [3, 9, 11]. Всі вентилятори що застосовані мають пристрої пиловідділення з повітря, що надходить у тягові електродвигуни для їх охолодження.



Рис. 5 – Мотор-компресор ПК-5,25А електровозу ДЕ1 [9]

Просторі та комфортабельні кабіни управління електровозу ДЕ1 мають зручні пульти управління (рис. 6) і всі необхідні пристрої для керування локомотивом та контролю показників його руху і роботи обладнання, що виключає швидку стомлюваність локомотивної бригади та підвищує надійність її роботи. Сидіння машиніста і його помічника цілком відповідають вимогам стандартів по захисту людини від вібрацій на робочому місці у локомотиві та по іншим показникам. Відповідно до діючих санітарно-гігієнічних норм, для створення необхідного мікроклімату у кабіні машиніста у літню пору використовується система кондиціонування повітря, а взимку – система опалення за допомогою електричного калорифера. У кожній секції електровоза встановлений санвузол з умивальником до якого подається підігріта вода. Такі санітарно-гігієнічні умови на той час були відсутні не тільки на електровозах що експлуатувалися на залізницях України, а й на всіх закордонних локомотивах.



Рис. 6 – Пульти управління електровозом ДЕ1 з його системою діагностування та швидкостеміром "ВЕКТОР" [12]

На електровозі ДЕ1 крім застосування мікропроцесорної системи діагностики було впроваджено цілий ряд нових вузлів і систем спрямованих на підвищення його експлуатаційних

якостей. Електровоз обладнано дистанційною електронною системою виявлення і гасіння пожежі та електронним швидкостеміром «ВЕКТОР» з радіолокаційним міліметровим доплеровським вимірювачем швидкості руху локомотива, який на той час не мав аналогів у світовій практиці електровозобудування. Швидкостемір «ВЕКТОР» (див. рис. 6) було розроблено і виготовлено вітчизняним підприємством «Квант-Радіоелектроніка» ДП «НДІ радіоелектронних систем», м. Київ. Він крім вимірювання та індикації швидкості руху і пройденого шляху електровозом забезпечував вимірювання та індикацію тиску в гальмівній магістралі, добового часу, прискорення руху, нульового положення контролера машиніста, напрямки руху локомотива та інших показників, введення і реєстрацію номера поїзда, номера маршруту, коду машиніста, кількості осей у поїзді, дати поїздки, типу і номера локомотива тощо [3, 9, 12].

Конструкторсько-технологічні роботи по електровозу ДЕ1 та з підготовки його виробництва були виконані у ДП «НБК «ДЕВЗ» в дуже стислі терміни, всього за два роки, що забезпечило можливість виготовлення перших двох дослідних зразків, відповідно, у 1965 та 1966 роках, яким надали назву «Україна». Після виготовлення електровози ДЕ1-001 і ДЕ1-002 були відправлені на попередні та приймальні випробування, при цьому ці види випробувань здебільшого поєднувалися.

Електровоз ДЕ1-001 досліджувався у 1996-1998 роках на ділянці Новомосковськ-Дніпропетровськ, а потім на ділянці Нижньодніпровськ-Вузол-Чаплине з повним навантаженнями і пройшов великий комплекс випробувань: тягово-енергетичні, гальмівні, санітарно-гігієнічні, екологічні, експлуатаційні та ремонтні. Електровоз ДЕ1-002 спочатку проходив попередні випробування на території заводу, а потім його передали до Придніпровської залізниці для продовження випробувань в умовах експлуатації. Він пройшов міцнісні, ходові і динамічні випробування, а також випробування по впливу на залізничну колію. Електровози розвивали швидкість до 130 км/год та водили поїзди масою 4,5 тис. т на складній ділянці шляху від Дніпропетровська до Чаплиного.

Внаслідок того, що електровоз серії ДЕ1 створювався дуже швидко, без проведення достатнього обсягу попередніх випробувань його деталей, вузлів і систем, то дослідні локомотиви ДЕ1-001 і ДЕ1-002, фактично, стали «випробувальними стендами», на яких відпрацьовувалися різні конструктивні рішення. Тому всього через кілька років експлуатації, з випробуваннями, ці електровози були виключені з локомотивного парку Укрзалізниці через їх значне зношування та невідповідність умовам експлуатації.

Під час випробувань і дослідної експлуатації двох перших електровозів було визначено багато недоліків у їх конструкції та надійності роботи. Так, дуже не надійно працювали тягові електродвигуни УД141АУ1 і СТК730У1, електродвигуни ДТ-63А приводу синхронного генератора електромашинного перетворювача, нестійко працювало електронне обладнання, особливо при температурах зовнішнього середовища нижче -20°C і вище $+30^{\circ}\text{C}$, відбувався прискорений знос бандажів коліс та робочих поверхонь міжсекційних автозчеплень тощо. Ремонтопридатність електровозу ДЕ1 була значно гірша у порівнянні з іншими електровозами що експлуатувалися на залізницях України [2]. Тому Міжвідомча приймальна комісія, яка у липні 1997 року розглядала результати випробувань дослідних зразків електровозів ДЕ1, не погодилася з їх результатами і не дала дозвіл на серійне виробництво локомотивів цієї серії, але дозволила випустити дослідну партію електровозів у кількості шести одиниць для доопрацювання їх конструкції по зауваженням експлуатації двох перших дослідних зразків, проведення експлуатаційно-ремонтних випробувань та збереження виробництва нових електровозів.

У другій половині 1998 року ДП «НБК «ДЕВЗ» випустив третій електровоз ДЕ1-003, а потім ще чотири електровози серії ДЕ1 №№ 004, 005 (рис. 7), 006 і 007, за конструктивним рішенням аналогічні електровозу № 003, та електровоз № 008. Всі ці локомотиви, як і їх попередники, були відправлені для дослідної експлуатації в депо Нижньодніпровськ-Вузол. Електровоз ДЕ1-008 визначили як головний зразок дослідної партії на якому реалізувалися усі зміни конструкції локомотива та його електричної схеми, спрямовані на усунення всіх зауважень за результатами випробувань дослідних електровозів, починаючи з № 001. Результати приймальних випробувань електровозу ДЕ1-008, щодо змінених вузлів та систем, а також експлуатаційно-ремонтних

випробувань були представлені ДП «НВК «ДЕВЗ» у 2001 році на розгляд Міжвідомчої приймальної комісії. Розглядаючи результати випробувань і експлуатації дослідних електровозів, які були не повною мірою позитивні, комісія поетапно приймала численні заходи щодо вдосконалення конструкції електровозів серії ДЕ1, підвищення його якості, надійності та ремонтопридатності.



Рис. 7 – Магістральний електровоз ДЕ1-005 [13]

Виробництво електровозів серії ДЕ1 продовжувалося до 2008 року. Всього було випущено 40 локомотивів. Станом на 2018 рік в експлуатації знаходилося лише їх десяток, решта була відставлена від експлуатації з різних причин [2].

Досвід експлуатації електровозів серії ДЕ1 на залізницях АТ «Укрзалізниця не дуже успішний. Незважаючи на непогані свої тягово-енергетичні показники електровози зарекомендували себе у експлуатації як дуже не надійні локомотиви, з низькою ремонтопридатністю. На серпень 2007 року електровози ДЕ1 були поділені порівну між депо Нижньодніпровськ-Вузол (м. Дніпропетровськ) Придніпровської дороги та Красний Лиман Донецької дороги. Раніше електровози були закріплені за локомотивними бригадами, що дозволяло їх більш ретельно зберігати та експлуатувати. Потім закріплення лишилося лише формально і на кожній машині могла працювати будь-яка бригада. Два головних недоліки електровозів – схильність до боксування та ненадійна робота електронної частини локомотивів залишилися. Перший пояснюється великою потужністю ТЕД та необладнаністю електровозів протитирозвантажувальними пристроями, які є на інших магістральних електровозах, а другий – недостатньою якістю виконання електронних пристроїв, відсутністю у депо повного сервісного обладнання та некваліфікованим обслуговуванням [2, 7].

Електровози серії ДЕ1 за своїм експлуатаційним станом потребували глибокої модернізації у їх виробника, але вартість такої модернізації наближалася до вартості нового локомотива. Крім того, у 2006-2009 роках на ринку СНД з'явилися нові магістральні вантажні електровози постійного струму: 2ЕС4К «Дончак», виробництва ВАТ "НВО «Новочеркаський електровозобудівний завод» (РФ), 2ЕЛ14, виробництва ВАТ «ХК «Луганськтепловоз» (Україна) і ВЛ11М/6, виробництва АТ «Електровозостроитель» (Грузія), які мали тягово-енергетичні показники близькі до електровоза ДЕ1, але були більш надійними, ремонтопридатними та мали

меншу вартість у порівнянні з електровозом ДЕ1 [2]. Тому в 2011 році Укрзалізниця уклала з виробниками електровозів 2ЕС5К, 2ЕЛ4 і ВЛ11М/6 угоди на їх постачання, а придбання електровозів серії ДЕ1 було призупинено до проведення виробником глибокої модернізації їх конструкції, яка так і не відбулася.

Література

1. Лягушкин А. Электрификация железных дорог Украины: история, сегодняшний день и перспективы [Електрон. ресурс] / А. Лягушкин, Д. Янківський, А. Вельможко // Пассажирский Транспорт. – 20 июля 2019. – Режим доступа: <https://traffic.od.ua/blogs/antonlyagushkin/1216888>. – 01.08.2022.
2. Ліхушин Є. В. Електровоз ДЕ1: створення і експлуатація / Є. В. Ліхушин // Локомотив-інформ. – 2018. – № 11. – С. 12-16.
3. Електровоз магистральный ДЭ1. Електровоз магістральний ДЕ1. Технические условия ТУ У.3.14-00216450-004-97. – [На опытную партию ДЭ1-003...008]. – Днепропетровск: ДП «НБК «ДЕВЗ», 1997. – 45 с.
4. Браташ В. А. Тележка ДЭ1 / В. А. Браташ, В. А. Смородин, Ю. Ф. Палий // Транспорт : Зб. наук. праць. – Вип. 11. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 21-23.
5. Оценка прочности элементов конструкции ходовой части и кузова электровоза ДЭ1 / Е. П. Блохин, И. Г. Барбас, С. А. Кострица, А. В. Султан // Транспорт : Зб. наук. праць. – Вип. 11. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 24-27.
6. Електровоз ДЭ1. Механическое оборудование. Силовая и пневматическая схемы, их работа [Електрон. ресурс] // StudFiles. – Красный Лиман, 2012. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9076772/>. – 04.08.2022.
7. ДЕ1 [Електрон. ресурс] // Вікіпедія. – 31 січня 2023. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ДЕ1>. – 27.09.2022.
8. Браташ В. А. Электрическая схема высоковольтных и низковольтных цепей электровоза ДЭ1 / В. А. Браташ, В. Н. Сеферовский, М. Л. Зарецкий // Транспорт : Зб. наук. праць. – Вип. 11. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 68-70.
9. Моисеев С. А. Електровоз ДЭ1. Устройство и работа. Возможные неисправности и методы их устранения [Електрон. ресурс] // StudFiles. – Красный Лиман, 2011. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9076772/page:8/#17> – 27.09.2022.
10. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог (1956-1975 гг.) / В. А. Раков. – М. : Транспорт, 1999. – 443 с.
11. Браташ В. А. Пневматическая система электровоза ДЭ1 / В. А. Браташ, Л. В. Балон, В. А. Смородин // Транспорт : Зб. наук. праць. – Вип. 11. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 31-33.
12. Место машиниста электровоза ДЭ1 [Електрон. ресурс] // Вікіпедія. – 13 жовтня 2007. – Режим доступа: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/De1-mash.jpg>. – 26.09.2022.
13. Електровоз ДЭ1 [Електрон. ресурс] // TRAINS.AT.UA. – Режим доступа: https://trains.at.ua/_pu/0/82220120.jpg. – 27.09.2022.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Грищенко Сергій Георгійович,

к.т.н., доцент, помічник начальника філії
«Науково-дослідний та конструкторсько-
технологічний інститут залізничного транспорту»

АТ «Укрзалізниця».

Вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.

Тел.: +38 044 309 68 93.

E-mail: gryshchenko1520@gmail.com.

ORCID ID: 0000-0002-3059-3578.

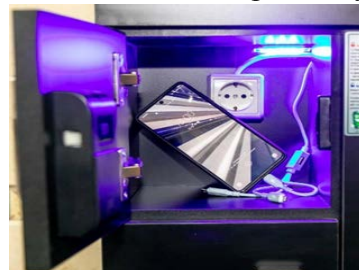
ЗАРЯДНІ СТАНЦІЇ НА ВОКЗАЛАХ



В січні поточного року на залізничних вокзалах України з'явилися безкоштовні зарядні станції для смартфонів і мобільних телефонів. АТ «Укрзалізниця» отримала 100 потужних зарядних станцій від групи казахстанських підприємців Kusto Group, які активно підтримують гуманітарні проекти в Україні. Виготовлені зарядні станції спеціально для українських залізниць в рекордні терміни в Туреччині.

Одна така станція може заряджати до 33 пристроїв одночасно і дозволить українцям, які подорожують, завжди бути на зв'язку, незважаючи на можливі «блекаути» з постачанням електрики. Зарядні станції розміщені у спеціальних шафах з боксами у які можна класти смартфони і телефони, а в більших за розміром — планшети і ноутбуки. Бокси зачиняються кодовим замком по принципу автоматичних камер схову для речей, але працюватимуть безкоштовно. Користувачам потрібно покласти свій пристрій у відповідний бокс, підключити його до розетки живлення, закрити бокс

та запам'ятати введений код для відкривання боксу після заряджання пристрою.



«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» ПЕРЕДПЛАТА НА ВИДАННЯ

У зв'язку з введенням в Україні військового стану та дефіцитом витратних матеріалів і електрики для друку видавець тимчасово припиняє видання паперових випусків журналу «Залізничний транспорт України», залишаючи тільки його електронне видання. Оформити передплату на галузевий **науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» у електронному вигляді (Off-line)** на I-е півріччя 2023 року, **передплатний індекс - 76958**, можливо у кожному поштовому відділенні України за **Каталогом видань України «Преса поштою»** або на **офіційному сайті ДП «Преса» www.presa.ua**.

Періодичність видання журналу – 4 рази на рік.

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; ztu1520mm@gmail.com.

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

РЕФЕРАТИ

УДК 656.256:681.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-04-15

Удосконалення побудови систем керування рухом поїздів на основі принципів самоорганізації /Мойсєнко В.І., Ломотько Д.В., Гаєвський В.В. // Залізничний транспорт України. – 2023. – №1. – С. 4-15.

У статті розглядаються проблеми удосконалення побудови сучасних систем керування рухом поїздів як систем, що самоорганізуються із застосуванням підходів та інструментів «Індустрії 4.0». Розроблено нові підходи та запропоновано структурно-логічну схему перспективної системи керування рухом поїздів з новими функціями та можливостями і організованим інтерактивним режимом взаємодії системи з персоналом для зменшення впливу «людського фактору».

Ключові слова: системи керування рухом поїздів, людино-машинний інтерфейс, Індустрія 4.0, самоорганізація, людський фактор.

УДК 338.47.656.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-16-26

Роль маркетингу в подоланні проблем підсобно-допоміжної діяльності залізничних вокзалів України / Мельник Т.С., Христофор О.В., Вільчинська О.М. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 16-26.

В сучасних умовах динамічного розвитку суспільства, пришвидшення ритму життя та урбанізаційних процесів, зростання мобільності населення змінюються вимоги до всіх складових транспортної інфраструктури і в першу чергу – до залізничних вокзалів, розташування яких робить їх важливим містоутворювальним елементом. Визначено основні тенденції розвитку вітчизняних залізничних вокзалів / вокзальних комплексів, їх основні функції в транспортному обслуговуванні пасажирів та сервісному обслуговуванні інших відвідувачів. Вказано на основні причини низької доходності підсобно-допоміжної діяльності залізничних вокзалів і незадоволення споживачів додаткових послуг, визначено основні активності, які необхідно задіяти задля підвищення попиту на додаткові послуги для пасажирів залізниці та вокзальні сервіси для інших споживачів. Позначено роль і місце маркетингу у функціонуванні та постійному удосконаленні системи управління транспортним обслуговуванням пасажирів, його основні цілі і завдання. Криз ретроспективний аналіз залізничного пасажирського маркетингу запропоновано шляхи розв'язання виявлених

проблем підсобно-допоміжної діяльності та подолання їх низької доходності (збитковості) з орієнтацією на майбутній розвиток / розбудову залізничних вокзалів України.

Ключові слова: залізничний вокзал, вокзальний комплекс, транспортне обслуговування пасажирів, додаткові послуги, маркетинг пасажирських перевезень, маркетингові дослідження.

УДК 625.143.5

DOI: 10/34029/2311-4061-2023-146-1-27-33

Вплив різних типів проміжних рейкових скріплень на інтенсивність зносу рейок в кривих ділянках колії / Демченко С.М., Татуревич А.А., Макаров Ю.О. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 27-23.

У статті наведено інформацію щодо результатів досліджень інтенсивності бокового зносу рейок в складних умовах плану і профілю залізничної колії. В кривих з радіусами 650 м і менше під впливом рухомого складу відбувається інтенсивне накопичення залишкової деформації. Зі зменшенням радіусу кривої та збільшенням ухилу інтенсивність бічного зносу рейок зростає. В кривих ділянках колії на залізобетонних шпалах з радіусами 650 м і менше нормативами встановлюється початкова ширина колії 1520 мм. При цьому, інтенсивність бокового зносу рейок значно більша, ніж в прямих. Для зменшення бокового зносу рейок треба в кривих ділянках колії радіусом $R \leq 650$ м на залізобетонних шпалах використовувати типи скріплень, що дозволяють регулювати ширину колії в залежності від радіуса кривої.

Ключові слова: залізниця, колія, скріплення, рейки, знос рейок, інтенсивність бокового зносу, ширина колії, криві ділянки колії.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-34-41

Дослідження несучих конструкцій електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у з метою убезпечення їх експлуатації / Кара С.В., Прокопенко П.М., Туровець Д.А. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 34-41.

В роботі проведено аналіз показників експлуатації та несправностей несучих конструкцій електровозів серій ВЛ80к та ВЛ40у, теоретичну та експериментальну оцінку напруженого стану несучих металевих конструкцій. Наведено епюри напружень рам кузовів та візків електровозів серій ВЛ80к та

ВЛ40у. Враховано типові відмови для несучих конструкцій електровозів ВЛ80к та ВЛ40у для Технічних рішень. За винятком незначних відхилень показники запасу опору втомі несучих конструкцій відповідають рекомендованим показникам, що свідчать про можливість подальшої безпечної експлуатації електровозів ВЛ80к що перетнули межу 55 років, та електровозів ВЛ40у, що перетнули межу у 50 років.

Ключові слова: локомотив, електровоз ВЛ80к, електровоз ВЛ40у, несучі конструкції, випробування, строк служби, міцність, опір втомі.

УДК 656.225.078.111:633.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-42-50

Вдосконалення конструкції рухомого складу залізниць для забезпечення інтермодальних перевезень зернових / Мямлін С.С. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 42-50.

Метою статті є аналіз проблем при організації перевезення зернових залізничним транспортом, оцінка наявних технічних засобів для транспортування зерна, визначення основних вимог до рухомого складу і контейнерів для зерна, а також розробка пропозицій щодо створення технічних засобів для транспортування зерна. Методика: при виконанні досліджень проводиться на початку статистичний аналіз динаміки зростання виробництва зернових культур і визначення обсягів перевезень. Наступним етапом є аналіз технічних засобів для транспортування зернових залізничним транспортом і визначення можливих шляхів вдосконалення існуючих і створення нових конструкцій рухомого складу та інших технічних засобів для підвищення ефективності перевезення зернових залізничним транспортом. Результати включають в себе аналітичний матеріал за обсягами перевезень та з технічних засобів для перевезення зернових. Отримано підтвердження зростаючого обсягу виробництва сільськогосподарської продукції в Україні, в тому числі зернових культур. Виконано оцінку технічних можливостей існуючого експлуатаційного парку вантажних вагонів, які можливо використовувати для перевезення зерна, і отриманий висновок про дефіцит технічних засобів для транспортування зерна залізничним транспортом. Запропоновано авторські дослідно-конструкторські розробки вагонів-зерновозів і контейнерів для перевезення зерна, які відрізняються підвищеною надійністю і поліпшеними техніко-економічними характеристиками. Наукова новизна включає в себе: методологічний підхід до вирішення комплексної техніко-економічної проблеми прикладного характеру, який дозволяє

прогнозувати потребу рухомого складу і контейнерів для перевезення зерна залізничним та бімодальним транспортом з урахуванням вдосконалення машинобудівних технологій та конструкторських рішень; техніко-економічне обґрунтування розвитку технічних засобів для перевезення зерна залізницею; вдосконалені конструкції вагонів-зерновозів з поліпшеними характеристиками. Практичне значення одержаних результатів проведеного дослідження полягає в створенні перспективних технічних засобів для транспортування зерна у вигляді вагонів зерновозів і спеціалізованих контейнерів, які дозволяють максимально підвищити ефективність використання рухомого складу і повністю забезпечити потребу залізничного транспорту технічними засобами для транспортування зерна.

Ключові слова: транспортування зернових, інтермодальні перевезення, контейнери, інноваційні розробки.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-51-61

Оцінка динамічних та ходових якостей рейкового транспортного засобу шляхом імітаційного моделювання / Ішук В.В., Діжо Я., Блатніцкий М., Солчанский С., Молнар Д. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 51-61.

Імітаційні розрахунки є дуже ефективним інструментом для дослідження експлуатаційних характеристик та поведінки транспортних засобів без наявності реального транспортного засобу. При проектуванні залізничних транспортних засобів безпека руху та комфорт пасажирів є двома найбільш важливими напрямками оцінки. Представлена робота присвячена дослідженню динамічних якостей рейкового транспортного засобу при русі залізничною колією, створеної в ліцензійному програмному забезпеченні Simpack. В якості еталонної моделі обрано залізничний пасажирський вагон. Імітаційні розрахунки проводилися для трьох різних моделей залізничної колії, а саме: для жорсткої моделі колії та для пружної моделі колії, заданої двома різними способами. Параметри жорсткості та демпфірування рейкового транспортного засобу визначаються симетрично відносно поздовжньої осі транспортного засобу, тобто вони є однаковими для лівого та правого боку. Центр мас розташований не симетрично, а частково зміщено у бічному напрямку. Проведено оцінювання таких параметрів, як вертикальні та бокові сили, що діють на колеса та показник запасу стійкості проти сходу коліс з рейок для трьох різних модифікацій характеристик жорсткості та демпфірування рейкового транспортного засобу та для трьох різних типів пружності залізничної колії.

Ключові слова: рейковий транспортний засіб, імітаційне моделювання, динаміка транспортного засобу, безпека руху, пружна рейкова колія.

УДК 629.423.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-62-72

Перший український магістральний електровоз ДЕ1 / Грищенко С.Г. // Залізничний транспорт України. – 2023. – № 1. – С. 62-72.

Наведено стислу історичну довідку щодо потреби у виготовленні вантажних електровозах

постійного струму в незалежній Україні, про вибір розробника та виробника першого магістрального електровозу постійного струму ДЕ1. Розглянуто основні конструктивні особливості електровозів серії ДЕ1, їх виготовлення, випробувань та експлуатації.

Ключові слова: українські залізниці, вантажний електровоз ДЕ1, розробка, конструкція, випробування, експлуатація.

РЕФЕРАТЫ

УДК 656.256:681.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-04-15

Совершенствование построения систем управления движением поездов на основе принципов самоорганизации / Моисеенко В.И., Ломотько Д.В., Гаевский В.В. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – №1. – С. 4-15.

В статье рассматриваются проблемы усовершенствования построения современных систем управления движением поездов как самоорганизующихся систем с применением подходов и инструментов «Индустрии 4.0». Разработаны новые подходы и предложена структурно-логическая схема перспективной системы управления движением поездов с новыми функциями и возможностями и организованным интерактивным режимом взаимодействия системы с персоналом для уменьшения влияния «человеческого фактора».

Ключевые слова: системы управления движением поездов, человеко-машинный интерфейс, Индустрия 4.0, самоорганизация, человеческий фактор.

УДК 338.47.656.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-16-26

Роль маркетинга в преодолении проблем подсобно-вспомогательной деятельности железнодорожных вокзалов Украины / Мельник Т.С., Христофор О.В., Вильчинская Е.Н. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 16-26.

В современных условиях динамического развития общества, ускорения ритма жизни и урбанизационных процессов, возрастания мобильности населения изменяются требования ко всем составляющим транспортной инфраструктуры и в первую очередь – к железнодорожным вокзалам, расположение которых делает их важным градообразующим элементом. Определены основные тенденции развития отечественных железнодорожных

вокзалов / вокзальных комплексов, их основные функции в транспортном обслуживании пассажиров и сервисном обслуживании других посетителей. Указаны основные причины низкой доходности подсобно-вспомогательной деятельности железнодорожных вокзалов и неудовлетворенность потребителей вспомогательных услуг, определены основные активности, которые необходимо задействовать для повышения спроса на вспомогательные услуги для пассажиров железной дороги и вокзальные сервисы для прочих посетителей. Обозначена роль и место маркетинга в функционировании и постоянном усовершенствовании системы управления транспортным обслуживанием пассажиров, его основные цели и задачи. Через ретроспективный анализ железнодорожного пассажирского маркетинга предложены пути решения выявленных проблем подсобно-вспомогательной деятельности и преодоления их низкой доходности (убыточности) с ориентацией на будущее развитие / расстраивание железнодорожных вокзалов Украины.

Ключевые слова: железнодорожный вокзал, вокзальный комплекс, транспортное обслуживание пассажиров, дополнительные услуги, маркетинг пассажирских перевозок, маркетинговые исследования.

УДК 625.143.5

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-27-33

Воздействие различных типов промежуточных рельсовых скреплений на интенсивность износа рельсов в кривых участках пути / Демченко С.Н., Татуревич А.А., Макаров Ю.А. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 27-23.

В статье приведена информация о результатах исследований интенсивности бокового износа рельсов в сложных условиях плана и профиля железнодорожного пути. В кривых с радиусами 650 м и менее под влиянием подвижного состава происходит интенсивное накопление остаточной

деформации. С уменьшением радиуса кривой и увеличением уклона интенсивность бокового износа рельсов растет. В кривых участках колеи на железобетонных шпалах с радиусами 650 м и менее нормативами устанавливается начальная ширина колеи 1520 мм. При этом интенсивность бокового износа рельсов значительно больше, чем в прямых. Для уменьшения бокового износа рельсов следует в кривых участках колеи радиусом $R \leq 650$ м на железобетонных шпалах использовать типы скреплений, позволяющие регулировать ширину колеи в зависимости от радиуса кривой.

Ключевые слова: железная дорога, колей, скрепление, рельсы, износ рельсов, интенсивность бокового износа, ширина колеи, кривые участки колеи.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-34-41

Исследование несущих конструкций электропоездов серий ВЛ80к и ВЛ40 с целью обеспечения безопасности их эксплуатации / Кара С.В., Прокопенко П.Н., Туровец Д.А. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 34-41.

В работе проведен анализ показателей эксплуатации и неисправностей несущих конструкций электропоездов серий ВЛ80к и ВЛ40у, теоретическую и экспериментальную оценку напряженного состояния несущих металлических конструкций. Приведены эпюры напряженного состояния рам кузовов и тележек электропоездов серий ВЛ80к и ВЛ40у. Учтены типичные отказы для несущих конструкций электропоездов ВЛ80к и ВЛ40у для Технических решений. За исключением незначительных отклонений показатели запаса сопротивления усталости несущих конструкций соответствуют рекомендованным показателям, свидетельствующие о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации электропоездов ВЛ80к, что пересекли границу 55 лет, и электропоездов ВЛ40, которые пересекли границу в 50 лет.

Ключевые слова: локомотив, электропоезд ВЛ80к, электропоезд ВЛ40у, несущие конструкции, испытания, срок службы, прочность, сопротивление усталости

УДК 656.225.078.111:633.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-42-50

Совершенствование конструкции подвижного состава железных дорог для обеспечения интермодальных перевозок зерновых / Мямлин С.С. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 42-50.

Целью статьи является анализ проблем при организации перевозки зерновых железнодорожным транспортом, оценка имеющихся технических средств для

транспортировки зерна, определение основных требований к подвижному составу и контейнерам для зерна, а также разработка предложений по созданию технических средств для транспортировки зерна. Методика: при выполнении исследований проводится в начале статистический анализ динамики роста производства зерновых культур и определение объемов перевозок. Следующим этапом является анализ технических средств для транспортировки зерновых железнодорожным транспортом и определение возможных путей совершенствования существующих и создание новых конструкций подвижного состава и других технических средств для повышения эффективности перевозки зерновых железнодорожным транспортом. Результаты включают в себя аналитический материал по объемам перевозок и по техническим средствам для перевозки зерновых. Получено подтверждение возрастающего объема производства сельскохозяйственной продукции в Украине, в том числе зерновых культур. Выполнена оценка технических возможностей существующего эксплуатационного парка грузовых вагонов, которые возможно использовать для перевозки зерна, и получен вывод о дефиците технических средств для транспортировки зерна железнодорожным транспортом. Предложены авторские опытно-конструкторские разработки вагонов-зерновозов и контейнеров для перевозки зерна, которые отличаются повышенной надежностью и улучшенными технико-экономическими характеристиками. Научная новизна включает в себя: методологический подход к решению комплексной технико-экономической проблемы прикладного характера, который позволяет прогнозировать потребность подвижного состава и контейнеров для перевозки зерна железнодорожным и бимодальным транспортом с учетом совершенствования машиностроительных технологий и конструкторских решений; технико-экономическое обоснование развития технических средств для перевозки зерна по железной дороге; усовершенствованные конструкции вагонов-зерновозов с улучшенными характеристиками. Практическая значимость результатов проведенного исследования заключается в создании перспективных технических средств для транспортировки зерна в виде вагонов зерновозов и специализированных контейнеров, которые позволяют максимально повысить эффективность использования подвижного состава и полностью обеспечить потребность железнодорожного транспорта техническими средствами для транспортировки зерна.

Ключевые слова: транспортировка зерновых, интермодальные перевозки, контейнеры, инновационные разработки.

УДК 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-51-61

Оценка динамических и ходовых качеств рельсового транспортного средства с помощью имитационного моделирования / Ищук В.В., Дижо Я., Блатницкий М., Солчанский С., Молнар Д. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 51-61.

Имитационные расчеты являются очень эффективным инструментом для исследования эксплуатационных характеристик и поведения транспортных средств без наличия реального транспортного средства. При проектировании железнодорожных транспортных средств безопасность движения и комфорт пассажиров являются двумя наиболее важными направлениями оценки. Представленная работа посвящена исследованию динамических качеств рельсового транспортного средства при движении по железнодорожному пути, созданному в лицензионном программном обеспечении Simpack. В качестве эталонной модели выбран железнодорожный пассажирский вагон. Имитационные расчёты проводились для трёх различных моделей железнодорожного пути, а именно: для жёсткой модели пути и для упругой модели пути, заданной двумя различными способами. Параметры жёсткости и демпфирования рельсового транспортного средства определяются симметрично относительно продольной оси транспортного средства, то есть они одинаковы для левой и правой стороны. Центр

масс расположен не симметрично, а частично смещён в боковом направлении. Проведена оценка таких параметров, как вертикальные и боковые силы, действующие на колеса и показатель запаса устойчивости против схода колес с рельсов для трех различных модификаций характеристик жесткости и демпфирования рельсового транспортного средства и для трех различных типов упругости железнодорожного пути.

Ключевые слова: рельсовое транспортное средство, имитационное моделирование, динамика транспортного средства, безопасность движения, упругая рельсовая колея.

УДК 629.423.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-62-72

Первый украинский магистральный электровоз ДЭ1 / Грищенко С.Г. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2023. – № 1. – С. 62-72.

Приведена краткая историческая справка о необходимости изготовления грузовых электровозов постоянного тока в независимой Украине, о выборе разработчика и производителя первого магистрального электровоза постоянного тока ДЭ1. Рассмотрены основные конструктивные особенности электровозов серии ДЭ1, их изготовления, испытаний и эксплуатации.

Ключевые слова: украинские железные дороги, грузовой электровоз ДЭ1, разработка, конструкция, испытания, эксплуатация.

ABSTRACTS

UDC: 656.256:681.32

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-04-15

Improvement of train traffic control systems based on the principles of self-organization / V. Moiseienko, D. Lomotko, V. Gaievskiy // Railway transport of Ukraine. – 2023. – № 1. – pp. 4-15.

The article examines the problems of improving the construction of modern train traffic control systems as self-organizing systems with the use of "Industry 4.0" approaches and tools. New approaches have been developed and a structural-logical scheme of a prospective train traffic management system with new functions and capabilities and an organized interactive mode of system interaction with personnel to reduce the influence of the "human factor" has been proposed.

Keywords: train traffic control system, human-machine interface, Industry 4.0, self-organization, human factor.

References

1. Lomotko D., Kovalov A., Kovalova O. (2015). Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (3 (78)), 11-17. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.54496> [in English].

2. Moiseienko V., Ohar O., Gaievskiy V. (2019). Rozvytok zaliznychnykh tsyfrovyykh system ta tekhnolohii u konteksti inzhenerii 4.0 [The development of railway digital systems and technologies in the context of engineering 4.0]. *Informacijno-kerujuchi systemy na zaliznychnomu transporti*, 3, 11-20. DOI: 10.18664/ikszt.v0i3.170647 [in Ukrainian].

3. Railway Applications - The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) - Part 1: Generic RAMS Process (2017). EN 50126-1:2017 CENELEC. CEN-CENELEC: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. [in Russian].

4. Druz V. A., Samsonkin V.N. (2022). *Edinaya teoriya samoorganizuyuschihsya sistem: monografiya* [Unified theory of self-organizing systems: monograph]. Kyiv : Talkom. [in Russian].

5. Samsonkin V., Bojnik A., Progonny A. (2018). K voprosu effektivnogo upravleniya rabotoy distantsiy signalizatsii i svyazi [On the issue of effective control over the operation of signaling and communication distances]. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*, 16, 95-105. <https://doi.org/10.15802/ecstr2018/172671> [in Russian].

6. Zadeh L. A. (1974). Osnovy novoho pidkhodu do analizu skladnykh system ta protsesiv pryiniattia rishennia [Basics of a new approach to the analysis of complex systems and decision-making processes]. *Matematyka sohodni*, pp. 5-49. Moscow: Knowledge. [in Ukrainian].

7. Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353. [in English].

8. Samsonkin V.M., Druz V.O., Fedorovych Ye.S. (2010). *Modeliuvannia v systemakh, shcho samoorhanizuiutsia* [Modeling in systems that self-organize]. Donetsk: Vydavets Zaslavskyy A. [in Ukrainian].

9. Beer Stafford (1963). *Cybernetics and management*. Moscow: Nauka. [in Russian].

10. Mesarovich M., Takahara Ya. (1978). *Obschaya teoriya sistem: matematicheskie osnovy* [General systems theory: mathematical foundations]. Moscow: Mir. [in Russian].

11. Mesarovich M., Takahara Ya. (1984). *Zahalna teoriia funktsionalnykh system* [The global theory of functional systems]. Moscow: Medicine. [in Ukrainian].

12. Baltovskiy O., Ismailov K., Siforov O., Foros H., Zaiets O. (2021). *Teoriia system i systemnyi analiz: navch. posib.* [Systems theory and system analysis: a study guide]. Odesa: RVV ODUVS. [in Ukrainian].

13. Varenko V.M., Bratus I.V., Doroshenko V.S., Smolnykov Yu.B., Yurchenko V.O. (2013). *Systemnyi analiz informatsiinykh protsesiv: navch. posib.* [System analysis of information processes: a study guide]. Kyiv: University 'Ukraine'. [in Ukrainian].

14. Pryshchak M., Lesko O. Y. (2016). *Psykhologhiia upravlinnia v orhanizatsii: navch. posib.* [Psychology of management in the organization: a study guide] (2nd ed.). Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].

15. Ashby Ross W. (1957). *An introduction to cybernetics*. London: Chapman & Hall Ltd. Retrieved from <http://dspace.ualca.cl/bitstream/1950/6344/2/IntroCyb.pdf> [in English].

UDC 338.47.656.2

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-16-26

The role of marketing in overcoming the problems of ancillary activities of railway stations in Ukraine / T. Melnyk, O. Khrystofor, O. Vilchynska // Railway transport of Ukraine. – 2023. - № 1. – pp. 16-26.

In modern conditions of the dynamic development of society, the acceleration of the rhythm of life and urbanization processes, the increase in the mobility of the population, the requirements for all components of the transport infrastructure are changing, and first, for railway stations, the location of which makes them an important city-forming element. The main trends in the development of domestic railway stations / station complexes, their main functions in the transport service of passengers and the service of other visitors are determined. The main reasons for the low profitability of ancillary activities of railway stations and the dissatisfaction of consumers of ancillary services are indicated, the main activities that need to be involved in order to increase the demand for ancillary services for railway passengers and station services for other visitors are identified. The role and place of marketing in the functioning and continuous improvement of the passenger transport management system, its main goals and objectives are outlined. Through a retrospective analysis of railway passenger marketing, the ways of solving the identified problems of ancillary and auxiliary activities and overcoming their low profitability (unprofitability) with a focus on the future development / upsetting of railway stations in Ukraine are proposed.

Keywords: railway station, station complex, transport services for passengers, additional services, marketing of passenger traffic, marketing research.

References

1. Shvets L.M. (2017) *Mistobudivni pryntsypy formuvannia zaliznychnykh vokzalnykh kompleksiv u strukturi malykh i sersdnykh mist.* [Urban planning principles of the formation of railway station complexes in the structure of small and medium-sized cities]. (diss of ... candidate of architecture). Kharkiv: Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M. Beketov. [in Ukrainian].

2. Ishchenko N.M. (2013) *Marketyng transportnykh poslug: navch. posib.* [Marketing of transport services: a study guide]. Mykolaiv: Black Sea State University named after Peter Mohyla. [in Ukrainian].

3. Kucheruk G.Yu. (2011) *Yakist transportnykh poslug: upravlinnia, roznytok ta efektyvnist.* Monografiia [Quality of transport services: management, development and efficiency:

Monograph]. Kyiv: State Economic and Technological University of Transport. [in Ukrainian].

4. Lomotko D.V. (2016) Rozvytok servisu v umovakh transportno-peresadochnykh vuzliv na zaliznychnykh magistraliakh [Development of service in the conditions of transport and interchange hubs on railway highways]. *Proc. of the VI scientific and practical conference «Marketing and logistics in the management system of passenger transportation on railway transport»*, September 27-29, 2016, Zaporizhzhia, 31-34. Kyiv: Public Joint Stock Company Ukrzaliznytsia. [in Ukrainian].

5. Melnyk T.S. (2016). Marketyngovi doslidzhennia v sektori pasazhyrskikh perevezen u 2015 rotsi ta yikh osnovni rezultaty [Marketing research in the passenger transport sector in 2015 and their main results]. *Wagon Park*, 3-4 (108-109), 61-64. [in Ukrainian].

6. Melnyk T.S. (2016) Marketyngovi doslidzhennia v sektori pasazhyrskikh perevezen u 2015 rotsi ta yikh osnovni rezultaty (Prodovzhennia) [Marketing research in the passenger transport sector in 2015 and their main results (Continuation)]. *Vagonnyi park [Wagon Park]*, 5-6 (110-111), 60-64. [in Ukrainian].

7. Melnyk T.S. (2016). Marketyngovi doslidzhennia v sektori pasazhyrskikh perevezen u 2015 rotsi ta yikh osnovni rezultaty (Zakinchennia) [Marketing research in the passenger transport sector in 2015 and their main results (End)]. *Vagonnyi park [Wagon Park]*, 7-8 (112-113), 58-64. [in Ukrainian].

8. Oklander M.A., Zharska I.O. (2010) *Marketingovi aspekty reformuvannia zaliznychnogo transportu: monografiia [Marketing aspects of railway transport reform: monograph]*. Odessa: Astroprint. [in Ukrainian].

9. Teslenko T.V. (2019) Adaptatsiia marketinga vokzalnykh kompleksov zheleznodorozhnogo transporta Ukrainy k evropeyskim trebovaniyam v kontekste razvitiia zheleznodorozhnogo turizma [Adaptation of marketing of train station complexes of Ukraine to European requirements in the context of the development of railway tourism]. *Materials of the International Scientific and Practical Conference «Mokslas ir praktika: Aktualijos ir perspektyvos»*, 2019, May 9-10, 266-273. Kaunas: Lietuvos sporto universitetas. [in Russian].

10. Melnyk T.S. (2020) *Metodologiiia marketyngovykh doslidzhen u zaliznychnykh pasazhyrskykh perevezenniakh dalekogo spoluchennia [Methodology of marketing research in long-distance railway passenger transportation]*. (diss. ... doct. of econ. sciences 08.00.04). Kyiv: National Transport University. [in Ukrainian].

11. Polozhennia pro viddil marketingovykh doslidzhen planovo-analitychnogo upravlinnia Golovnogo pasazhyrskogo upravlinnia Ukrzaliznytsi.

Zatverdzheno 03.12.2013 [Regulations on the Marketing Research Department of the Planning and Analytical Department of the Main Passenger Department of Ukrzaliznytsia. Approved 03.12.2013]. Kyiv: State Administration of Railway Transport of Ukraine, 6 p. [in Ukrainian].

UDC 625.143.5

DOI: 10/34029/2311-4061-2023-146-1-27-33

The influence of different types of intermediate rail fasteners on the intensity of wear of rails in curved sections of the track / S. Demchenko, A. Taturevich, Yu. Makarov // Railway transport of Ukraine. – 2023. – No. 1. – pp. 27-33.

The article provides information on the results of studies of the intensity of lateral wear of rails in complex conditions of the plan and profile of the railway track. In curves with radius 650 m and less under the influence of rolling stock there is an intensive accumulation of residual deformation. As the radius of the curve decreases and the slope increases, the intensity of lateral wear of the rails increases. In curved sections of the track on reinforced concrete sleepers with radius of 650 m and less, the standards set an initial track width of 1520 mm. At the same time, the intensity of lateral wear of rails is much greater than that of straight ones. In order to reduce the lateral wear of rails, it is necessary to use types of fastenings on reinforced concrete sleepers in curved sections of the track with a radius of $R \leq 650$ m, which allow you to adjust the width of the track depending on the radius of the curve.

Keywords: railway, track, fastening, rails, wear of rails, intensity of lateral wear, width of track, curved sections of track

References

1. Galichev A.G. (2002). *Vlianiye tribotekhnicheskogo sostoyaniya koles i rel'sov na dinamiku dvizheniya gruzovogo teplovoza v rezhimakh vybega i tyagi [Influence of tribotechnical state of wheels and rails on the dynamics of the movement of a freight diesel locomotive in the modes of run-out and traction]* (dissertation of candidate of technical sciences). Bryansk. [in Russian].

2. Mikhalchenko G.S. (1985). *Razrabotka metodologii vybora struktury i parametrov ekipazhnoy chasti mnogoosnykh lokomotivov i yeye realizatsiya pri proyektirovanii vos'miosnykh teplovozov [Development of a methodology for choosing the structure and parameters of the undercarriage of multi-axle locomotives and its implementation in the design of eight-axle diesel locomotives]* (doctoral thesis). Bryansk. [in Russian].

3. Rybkin V.V., Patlasov O.M., Byelorusov O.I., Karpov M.I., Kurhan D.M., Shramenko V.P., Babenk A.I., Shtoyko V.A., Oliynyk I.O., Lysak V.A.,

Kalenyk K.L. (2012). Tekhnichni vказivky po ulashtuvannyu, ukladannyu, remontu i utrymannyu bezstykovoyi koliyi na zaliznytsyakh Ukrayiny : instruktsiya Ukrzaliznytsya CP-0266 [Technical specifications for improvement, laying, repair and installation of non-stick stakes on the railings of Ukraine instruction of Ukrzaliznytsia CP-0266]. Kyiv, 2012. [in Ukrainian].

4. Makarov Yu.O., Drozdov D.O., Loboda R.V. (2015). Skriplennya dlya kryvykh dilyanok koliyi SKD–65D ta SKD–65B [Fastening for curved sections of SKD-65D and SKD-65B tracks]. Technical report. Dnipro: VP «Koliieobstezhuvalna stantsiia PS–1» filii «TsDZI» JSC «Ukrzaliznytsia». [in Ukrainian].

5. Danilenko E.I., Orlovskyy A.M., Umanov M.I., Patlasov O.M., Karpov M.I., Shramenko V.P., Byelorusov O.I., Yakovlyev V.O., Molchanov V.M., Kornoukhova K.V. (2012). Instruktsiya z ulashtuvannya ta utrymannya koliyi zaliznyts' Ukrayiny : instruktsiya Ukrzaliznytsya CP-0269 [Instructions for the arrangement and maintenance of railway tracks of Ukraine : instruction of Ukrzaliznytsia CP-0269]. Kyiv. [in Ukrainian].

6. Hubar O.V. (2011). *Obgruntuvannya norm ulashtuvannya ta utrymannya koliyi dlya kryvykh z radiusamy menshe 350 metriv* [Justification of the norms for the arrangement and maintenance of the track for curves with radii of less than 350 meters] (dys. kand. tekhn. nauk). Dnipropetrovsk. [in Ukrainian].

7. Makarov Yu.O., Zales'kyi R.Yu. (2020). Osoblyvosti ekspluatatsiyi promizhnykh reykovykh skriplen' v kryvykh dilyankakh koliyi radiusom 650 m i menshe na zalizobetonnykh shpalakh [Features of the operation of intermediate rail fasteners in curved sections of the track with a radius of 650 m and less on reinforced concrete sleepers]. Technical report. Dnipro: VP «Koliieobstezhuvalna stantsiia PS–1» filii «TsDZI» JSC «Ukrzaliznytsia». [in Ukrainian].

UDC 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-34-41

Research of support frames of electric locomotives VL80k and VL40u in order to ensure the safety of their operation / S. Kara, P. Prokopenko, D. Turovets // Railway Transport of Ukraine. - 2023. - № 1. - pp. 34-41.

The paper analyzes the performance indicators and malfunctions of the supporting structures of the VL80k and VL40u series electric locomotives, as well as the theoretical and experimental assessment of the stress state of the supporting metal structures. Diagrams of the stress state of the frames of bodies and bogies of electric locomotives of the VL80k and VL40u series are given. Typical failures for the supporting structures of the VL80k and VL40u electric locomotives have been taken into account for Technical solutions. With the exception of minor

deviations, the indicators of the fatigue resistance margin of the supporting structures correspond to the recommended indicators, indicating the possibility of further safe operation of the VL80k electric locomotives that crossed the border of 55 years, and the VL40 electric locomotives, which crossed the border in 50 years.

Keywords: locomotive, electric locomotive VL80k, electric locomotive VL40u, supporting structures, tests, service life, strength, fatigue resistance.

References

1. Ministry of Railways of the Russian Federation. (1998). Normy rascheta i ocenki prochnosti nesushhih jelementov i dinamicheskikh kachestv i vozdejstviya na put' jekipazhnoj chasti lokomotivov zheleznyh dorog MPS RF kolei 1520 mm [Standards for calculating and assessing the strength of load-bearing elements and dynamic qualities and the impact on the track of the undercarriage of locomotives of the railways of the Ministry of Railways of the Russian Federation with a gauge of 1520 mm]. [in Russian].

2. Ministry of Transport of Ukraine (2002). Polozhennia pro orhanizatsiiu robit schodo prodovzhennia pryznachenoho terminu sluzhby tiahovoho rukhomoho skladu Ukrzaliznytsi (ram vizkiv, holovnykh ram kuzoviv i nesuchykh kuzoviv) [Regulations on the organization of works on extension of the appointed service life of traction rolling stock of Ukrzaliznytsia (frames of carts, main frames of bodies and bearing bodies)]. VND 32.007.123-03. [in Ukrainian].

3. Cherniak A.Y., Hryndej E.O., Hryndej P.A. (2010). Modalnyi analiz i ustalostnaya dolgovechnost ram telezhkek tyagovogo podvizhnogo sostava [Modal analysis and fatigue life of traction rolling stock bogie frames]. *Lokomotyv-inform*, 11, 4–7. [in Russian].

4. Braslavets' Y.V., Kolomiets' O.P., Kara S.V., Shevchuk P.A. (2016). Vidnovlennia ta modernizatsiia ushkodzhenykh konstruksij elektrovoza VL82M №067 [Restoration and modernization of damaged structures of electric locomotive VL82M №067]. *Railway Transport of Ukraine*, 5-6, 35-40. [in Ukrainian].

5. Tekhnichne rishennia schodo zabezpechennia ekspluatatsii nesuchykh metalevykh konstruksij elektrovoziv serii VL80k poza prodovzhenym strokom sluzhby [Technical solution for ensuring the operation of load-bearing metal structures of electric locomotives of the VL80k series beyond the extended service life] (2020). *TR.NDKTI / NVTs.VL80K.01-2020*. Kyiv: Branch «Naukovo-doslidnyj ta konstruktors'ko-tehnologichnyj instytut zaliznychnoho transport» JSC «Ukrzaliznytsia». [in Ukrainian].

6. Tekhnichne rishennia schodo zabezpechennia ekspluatatsii nesuchykh metalevykh konstruksij elektrovoziv serii VL40u poza prodovzhenym strokom

sluzhby [Technical solution for ensuring the operation of load-bearing metal structures of electric locomotives of the VL40u series outside the extended service life]. (2020). *TR.NDKTI / NVC.VL40U.01-2020*. Kyiv: Branch "Naukovo-doslidnyj ta konstruktors'ko-tekhnologichnyj instytut zaliznychnoho transportu" JSC «Ukrzaliznytsia». [in Ukrainian].

7. Domin R.Yu. (2018) *Rozvytok metodiv i zasobiv doslidzhen z ubezpechennia tekhnichnoi ekspluatatsii zaliznychnoho rukhomoho skladu* [Development of research methods and tools to ensure the technical operation of railway rolling stock] (doctoral thesis 05.22.07). Severodoneck: Eastern Ukraine national University named after V. Dalya. [in Ukrainian].

UDC 656.225.078.111:633.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-42-50

Improving the design of rolling stock of railways to provide intermodal transportation of grain / S. Myamlin // Railway Transport of Ukraine. – 2023. – № 1. – pp. 42-50.

The purpose of the article is to analyze problems in the organization of grain transportation by rail, evaluate the available technical means for grain transportation, determine the basic requirements for rolling stock and grain containers, and develop proposals for the development of technical means for grain transportation. Methodology: when performing the research, a statistical analysis of the dynamics of the growth in the production of grain crops and the determination of the volumes of transportation is carried out at the beginning. The next stage is the analysis of technical means for transporting grains by rail and determining possible ways of improving existing and creating new structures of rolling stock and other technical means to improve the efficiency of grain transportation by rail. The results include analytical material on the volumes of transportation and on the technical means for transporting grain. The confirmation of the increasing volume of agricultural production in Ukraine, including cereals, has been received. The technical capabilities of the existing fleet of freight cars that can be used for grain transportation have been assessed and a conclusion has been reached on the shortage of technical means for grain transportation by rail. Authors' experimental development designs of grain cars and containers for grain transportation are offered, which are distinguished by increased reliability and improved technical and economic characteristics. Scientific novelty includes: a methodological approach to solving a complex technical and economic problem of an applied nature that allows forecasting the need for rolling stock and containers for grain transportation by rail and bimodal transport, taking into account the improvement of engineering technologies and design

solutions; feasibility study of the development of technical means for transporting grain by rail; Advanced designs of grain cars with improved performance. Practical significance of the results of the research is to create perspective technical means for grain transportation in the form of grain cars and specialized containers that maximize the efficiency of rolling stock utilization and fully meet the need for railway transport with technical means for grain transportation.

Keywords: transportation of grain, intermodal transport, containers, innovative developments.

References

1. Rustamov R. Sh. (2014). Otsenka perspektiv razvitiya zernovoy logistiki v Ukraine [The assessment of the prospects for the development of grain logistics in Ukraine]. *Transport systems and transportation technologies*, 8, 127-133. doi: 10.15802/tstt2014/38101 [in Russian].

2. delo.ua. (2017, January 27). *Skladskie tsifry: skolko deneg i pochemu teryayut agrarii Ukrainyi na logistike* [Warehouse numbers: how much money and why Ukrainian farmers lose in logistics]. https://delo.ua/business/skladskie-cifry-pochemu-agrarijam-stoit-udeljat-bolshe-vnimaniya-327406/?supdated_new=1513064964 [in Russian].

3. Tkachov V. (2022, August 7). *Chomu i na skilky podorozhchala zaliznychna lohistyka v Ukraini i shcho bude, yakshcho vyrishyty vsi problemy na kordoni?!* [Why and by how much did railway logistics in Ukraine become more expensive and what will happen if all the problems at the border are solved?!]. APK Inform. <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1528568> [in Ukrainian].

4. Kupchenko A. V. (2014). Elevatornyie moschnosti Ukrainyi [Elevator capacities of Ukraine]. *Storage and processing of grain*, 7 (184), 33-37. [in Russian].

5. Taranova E. (2022, September 27). *RF unichtozhila v Ukraine bolee 15% zernohranilishch: kak fermeryi budut hranit zerno urozhaya 2022 goda* [Russia destroyed more than 15% of granaries in Ukraine: how farmers will store grain from the 2022 harvest]. delo.ua. <https://delo.ua/ru/agro/rf-unictozila-v-ukraine-bolee-15-zernoxranilishh-kak-fermeryi-budut-xranit-zerno-urozaya-2022-goda-404298/> [in Russian].

6. Center for Transport Strategies. (2016). *Ahrolohistyka v Ukraini. Analitichne doslidzhennia* [Agrologistics in Ukraine. Analytical research]. Kyiv. [in Ukrainian].

7. APK Inform. (2013). *Analiz zernovoy logistiki Ukrainyi i predlozheniya po ee modernizatsii* [Analysis of grain logistics in Ukraine and proposals for its modernization]. [in Russian].

8. Elevatorist.com. (2021, July 26). *V Ukraine sokraschaetsya rabochiy park zernovozov* [In Ukraine,

the working fleet of grain carriers is reduced]. <https://elevatorm.com/novosti/13015-v-ukraine-sokraschaetsya-rabochiy-park-zernovozov> [in Russian].

9. Samoylenko I., Sterniy O., Nabok V. (2016, April 12). Vagonyi, marshrutyi. A vozit zerno ne v chem [Wagons, routes. And there is nothing to carry grain]. *Grain. Journal of a modern agro-industrialist*. <https://www.zerno-ua.com/journals/2012/dekabr-2012-god/vagony-marshruty-a-vozt-zerno-ne-v-chem> [in Russian].

10. Baranovskyi D.M. (2016). Problema starinnia ta znoshuvannia vantazhnykh vahoniv [The problem of aging and wear and tear of freight cars]. *Car park*, 7-8 (112-113), 38-40. [in Ukrainian].

11. Korobeva R.G., Rustamov R.Sh., Grevtsov S.V. (2015). The introduction of bimodal technology of transportation of grain cargoes in Ukraine. *Transport systems and transportation technologies*, 9, 29–34. doi: 10.15802/tstt2015/49351 [in Russian].

12. Kebl I.Yu., Myamlin S.S. (2016). Perspektivnyie razrabotki uzkokoleynogo podvizhnogo sostava [Promising developments of narrow-gauge rolling stock]. *Proceedings of the 76 International Scientific & Practical Conference «The issues and prospects of railway transport development»*, Dnipro, 19–20 May 2016, 50-51. [in Russian].

13. Besarab D.A., Myamlin S.S., Titov S.S. (2017). Sozдание sovremennykh konstruktsiy intermodalnykh transportnykh sredstv dlya raznoy shiriny kolei [Creation of modern designs of intermodal vehicles for different gauges]. *Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conf. «Rolling Stock of the 21st Century: Ideas, Requirements, Projects»*, St. Petersburg, July 05–09, 2017. St. Petersburg: PGUPS. [in Russian].

14. Kozachenko D. M., Korobiova R. H., Rustamov R.Sh. (2015). Udoskonalennia tekhnichnoho zabezpechennia ta tekhnolohii eksportnykh perevezen zernovykh vantazhiv v Ukraini [Improving of Technical Means and Technologies of Grain Transportation for Export in Ukraine]. *News of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 4, 121-127. [in Ukrainian].

15. Myamlin S.S. (2016). Sozдание i modernizatsiya podvizhnogo sostava dlya perevozki zerna zheleznodorozhnyim transportom [Creation and modernization of rolling stock for the transportation of grain by rail]. *Proceedings of the 76 International Scientific & Practical Conference «The issues and prospects of railway transport development»*, Dnipro, May 19–20 2016, 44-45. [in Russian].

16. Myamlin S.V., Kebl Yu.V. (2012). Sozдание gruzovykh vagonov novogo pokoleniya [Creation of new generation freight cars]. *Proceedings of the III Intern. partner. Conf. «Problems of rolling stock: solutions through the interaction of the public and*

private sectors», May 23–25, 2012, Yalta, 43-44. Kharkiv. [in Russian].

17. Myamlin S.V., Kozachenko D. M., Vernyhora R. V. (2013). Problemy i perspektivy perevozki zernovykh gruzov zheleznodorozhnyim transportom v Ukraine [Problems and prospects of transportation of grain cargo by rail in Ukraine]. *Railway Transport of Ukraine*, 2 (99), 32-34. [in Russian].

18. Kozachenko D. M., Rustamov R.Sh., Matviienko Kh. V. (2013). Napriamky pidvyshchennia efektyvnosti perevezen zernovykh vantazhiv zaliznychnym transportom [Directions of increase of efficiency of transportations grain cargoes by railway transportation]. *Transport systems and transportation technologies*, 6, 56-60. <https://doi.org/10.15802/tstt2013/24451> [in Ukrainian].

19. Pshinko O.M., Myamlin S.V., Korobiova R.H., Kozachenko D.M., Foskett Ch. (2009). Bimodalni tekhnolohii perevezen – kluch do novykh sekhmentiv transportnoho rynku [Bimodal transport technologies are the key to new segments of the transport market]. *Railway Transport of Ukraine*, 5, 20–22. [in Ukrainian].

UDC 629.4.015

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-51-61

Evaluation of dynamics and running properties of rail vehicles using simulation modelling / V. Ishchuk, J. Dižo, M. Blatnický, S. Solčanský, D. Molnár // *Railway Transport of Ukraine*. – 2023. – № 1. – pp. 51-61.

Without a genuine product, simulation calculations are a particularly useful technique for examining rail vehicles' operational traits and behaviours. The rail vehicle industry is typical in that it makes extensive use of simulation computations, including multibody modelling of both individual vehicles (such as wagons) and complete trainsets. Running safety and ride comfort are two of the most crucial evaluation criteria for constructing rail vehicles. The main goal of the study that is being presented is to research the dynamic effects of a rail vehicle operating on a railway track built using a commercial multibody model. The reference multibody model is a passenger railroad car. Three alternative railway track models were subjected to simulation calculations, including a stiff track model and a flexible track model defined in two different ways. In terms of the longitudinal axis of the vehicle, the stiffness-damping characteristics of the rail vehicle are determined symmetrically, i.e., they have identical values on the left and right sides. The center of gravity is not symmetrically positioned but instead has a little lateral shift. Wheel force results and their waveforms can be used to observe this. Such parameters as vertical and lateral forces acting on the wheels and the stability margin against wheel derailment for three

different modifications of the stiffness and damping characteristics of the rail vehicle and three different types of railroad track elasticity have been evaluated.

Keywords: rail vehicle, simulation modelling, the dynamic of movement, running safety, flexible rail track.

References

1. Šťastniak P., Smetanka L., Drozdziel P. (2019). Computer aided simulation analysis for wear investigation of railway wheel running surface. *Diagnostyka*, 20, 63-68. DOI: 10.29354/diag/111569 [in English].
2. Wu Y.W., Zhao L.L., Zhou C.C. (2020). A new vertical dynamic model for railway vehicle with passenger-train-track coupling vibration. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part K-Journal of Multibody Dynamics*, 234 (1), 134-146. DOI: 10.1177/1464419319879790 [in English].
3. Wu Y., Zeng J., Qu S., Shi H.L., Wang Q.S., Wei L. (2020). Low-frequency carbody sway modelling based on low wheel-rail contact conicity analysis. *Shock and Vibration*, 2020. DOI: 10.1155/2020/6671049 [in English].
4. Shevtsov Y.I. (2008). *Wheel/Rail Interface Optimisation*. Delft University of Technology. [in English].
5. Muñoz S., Aceituno J.F., Urda P., Escalona J.L. (2019). Multibody model of railway vehicles with weakly coupled vertical and lateral dynamics. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 115, 570-592. DOI: 10.1016/j.ymssp.2018.06.019 [in English].
6. Lack T., Gerlici J., Maňurová M. (2016). Freight car bogie properties analysis by means of simulation computations. *Manufacturing Technology*, 16, 733-739. DOI: 10.21062/ujep/x.2016/a/1213-2489/MT/16/4/733 [in English].
7. Gerlici J., Lack T. (2014). Modified HHT method for vehicle vibration analysis in time domain utilization. *Applied Mechanics and Materials*, 486, 396-405. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.486.396 [in English].
8. Gerlici J., Sakhno V., Yefymenko A., Verbitskii V., Kravchenko A., Kravchenko K. (2018). The stability analysis of two-wheeled vehicle model. In *Proceedings of the 22nd Slovak-Polish Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations (MMS)*, 157. DOI: 10.1051/mateconf/201815701007 [in English].
9. Chudzikiewicz A., Opala M. (2008). Application of computer simulation methods for running safety assessment of railway vehicles in example of freight cars. *New Trends in Mechanics and Transport*, 9, 63-71. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.9.61 [in English].
10. Opala M. (2012). Analysis of experimental data in the context of safety against derailment of a railway vehicle, using the energy method. *Key Engineering Materials*, 518, 66-23. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.518.16 [in English].
11. Opala M. (2012). Statistical inference of the railway vehicle running safety using monitoring data. In *Proceedings of the Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, Hungary, 5-7 November 2012*. [in English].
12. Bureika G., Levinzon M., Dailydka S., Steisunas S., Zygyane R. (2019). Evaluation criteria of wheel/rail interaction measurement results by trackside control equipment. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, 26, 747-764. DOI: 10.1504/IJHVS.2019.102682 [in English].
13. Smetanka L., Dižo J., Šťastniak P., Blatnický M. (2017). Wear calculation of wheel tread surface of a rail vehicle by means of the SIMPACK programme. *Railway Transport and Logistics: scientific-technical journal about railway transport, logistics and management*, 13, 19-24. [in Slovak].
14. Smetanka L., Šťastniak P., Dižo J. (2017). Comparison of wear laws programed in the SIMPACK software. In *Proceedings of the Experimental and Calculation Methods in Engineering, Ústí Nad Labem, Czech Republic, 22-23 June 2017*. [in Slovak].
15. Pavlik A., Gerlici J., Lack T., Hauser V., Šťastniak P. (2019). Prediction of the rail-wheel contact wear of an innovative bogie by simulation analysis. *Transportation Research Procedia*, 40, 855-860. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.120 [in English].
16. Lack T., Gerlici J., Šťastniak P. (2019). Wheelset/rail geometric characteristics and contact forces assessment with regard to angle of attack. In *Proceedings of 23rd Polish-Slovak Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations (MMS)*, 254. DOI: 10.1051/mateconf/201925401014 [in English].
17. Hauser V., Nozhenko O., Kravchenko K., Loulova M., Gerlici J., Lack T. (2017). Proposal of a steering mechanism of a tram bogie with three axle boxes. *Procedia Engineering*, 192, 289-294. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.050 [in English].
18. Šťastniak P. (2015). Freight long wagon dynamic analysis in S-curve by means of computer simulation. *Manufacturing technology: journal for science, research and production*, 15, 930-935. DOI: 10.21062/ujep/x.2015/a/1213-2489/MT/15/5/930 [in English].
19. Lack T., Gerlici J. (2012). Modified strip method utilization for wheel/rail contact stress evaluation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems (CM), Chengdu, China, 27-30 August 2012*, pp. 87-89. [in English].
20. Mikaliunas Š., Lingaltis L.P., Vaičiunas G. (2004). The analysis of wear intensity of lubricated and unlubricated locomotive wheelsets flanges. *Transport*, 19 (1), 32-39. DOI: 10.1080/16484142.2004.9637950 [in English].

21. Nangolo N.F., Klimenda F. (2014). System identification for underdamped mechanical systems. In *Proceedings of 52nd International Conference on Experimental Stress Analysis (EAN 2014), Marianske Lazne, Czech Republic, 2–5 June 2014*. [in English].
22. Grassie S. L., Cox S. J. (1984). The dynamic response of railway track with flexible sleepers to high frequency vertical excitation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D Journal of Automobile Engineering*, 198, 117-124. [in English].
23. Moravčík M. (2004). Vertical track stiffness effect on dynamic behaviour of track structure. *Communication: Scientific Letters of the University of Žilina*, 6, 10-16. DOI: 10.26552/com.C.2004.3.10-16 [in English].
24. Ning J., Lin J., Zhang B. (2016). Time-frequency processing of track irregularities in high-speed train. *Mechanical System and Signal Processing*, 66-67, 339-348. DOI: 10.1016/j.ymssp.2015.04.031 [in English].
25. Lei X., Noda N.A. (2002). Analyses of dynamic response of vehicle and track coupling with random irregularity of track vertical profile. *Journal of Sound and Vibration*, 258 (1), 147-165. DOI: 10.1006/jsvi.2002.5107 [in English].
26. Bitterer L. (1997). *A track geometry*. University of Žilina. [in Slovak].
27. Wicknes A. H. (2003). *Fundamentals of Rail Vehicle Dynamics: Guidance and Stability*. Lisse: Swets & Zeitlinger B.V. [in English].
28. Berggren E.G., Li M. X., Spännar J. (2008). A new approach to the analysis and presentation of vertical track geometry quality and rail roughness. *Wear: An International Journal on the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear*, 265, 1488-1496. DOI: 10.1016/j.wear.2008.01.029 [in English].
29. European Committee for standardization (2016). *Railway applications – Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Running Behavior and Stationary Tests* (EN 14363:2016). [Released: 2016-02-24]. [in English].
30. International Union of Railways (2009). *Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior Safety – Track Fatigue – Ride Quality* (UIC Code 518). [in English].

UDC 629.423.1

DOI: 10.34029/2311-4061-2023-146-1-62-72

The first Ukrainian mainline electric locomotive DE1 / S. Gryshchenko // Railway Transport of Ukraine. – 2022. – № 4. – pp. 62-72.

A brief historical background is given on the need to manufacture freight DC electric locomotives in independent Ukraine, on the choice of the developer and manufacturer of the first DE1 main DC electric locomotive. The main design features of electric

locomotives of the DE1 series, their manufacture, testing and operation are considered.

Keywords: *Ukrainian railways, electric freight locomotive DE1, development, design, testing, operation.*

References

1. Lyagushkin A., Yankivskiy D., Velmozhko A. (2019, July 20). Elektrifikatsiya zheleznykh dorog Ukrainyi: istoriya, segodnyashniy den i perspektivy. [Electrification of railways of Ukraine: history, present day and prospects]. *Passazhirskiy Transport*. Retrieved from: <https://traffic.od.ua/blogs/antonlyagushkin/1216888> [in Russian].
2. Likhushyn Ye. (2018). Elektrovoz DE1: stvorennia i ekspluatatsiia [Electric locomotive DE1: creation and operation]. *Lokomotyv-inform*, 11, 12-16 [in Ukrainian].
3. Elektrovoz magistralnyy DE1. Tekhnicheskiye usloviya na opytyny partiyy DE1 003...008 [Main electric locomotive DE1. Specifications for an experimental batch]. (1997). TYU.3.14-00216450-004-97. Dnipropetrovsk: DP «NVK «DEVZ». [in Russian].
4. Bratash V., Smorodin V., Paliy Yu. (2002). Telezhka DE1 [Bogie DE1]. *Transport: collection of scientific papers*, 11, 21-23. Dnipropetrovsk. [in Russian].
5. Blokhin E., Barbas I., Kostitsa S., Sultan A. (2002). Otsenka prochnosti elementov konstruksii khodovoy chasti i kuzovaelektrovoza DE1 [Assessment of the strength of structural elements of the chassis and bodyelectric locomotive DE1]. *Transport: collection of scientific papers*, 11, 24-27. Dnipropetrovsk. [in Russian].
6. Mekhanicheskoye oborudovaniye elektrovoza DE1: Telegka [Mechanical equipment of electric locomotive DE1: Bogie]. (2012). *StudFiles portal*. Krasnyy Liman. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/9076772/> [in Russian].
7. DE1 (2023, January 31). In *Vikipediia*. <https://uk.wikipedia.org/wiki/DE1> [in Ukrainian].
8. Bratash V., Seferovskiy V., Zaretskiy M. (2002). Elektricheskaya skhema vysokovolnykh i nizkovolnykh tsepey elektrovoza DE1 [Electrical diagram of high-voltage and low-voltage circuits of an electric locomotive DE1]. *Transport: collection of scientific papers*, 11, 68-70. Dnipropetrovsk. [in Russian].
9. Moiseyev S. (2011). Elektrovoz DE1. Ustroystvo i rabota. Vozmozhnyye neispravnosti i metody ikh ustraneniya [Electric locomotive DE1. Device and work. Possible faults and methods of their elimination]. *StudFiles portal*. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/9076772/page:8/#17> [in Russian].
10. Rakov V. (1999). *Lokomotivy otechestvennykh zheleznykh dorog (1956-1975 gg.)* [Locomotives of

domestic railways (1956-1975 yy.). Moscow: Transport. [in Russian].

11. Bratash V., Balon L., Smorodin V. (2002). Pnevmaticheskaya sistema elektrovoza DE1 [Pneumatic system of electric locomotive DE1]. *Transport: collection of scientific papers, 11*, 31-33. [in Russian].

12. Mesto mashinista elektrovoza DE1 [Place of the driver of the electric locomotive DE1]. (2007, October 13). In *Vikipediia*. <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/De1-mash.jpg> [in Russian].

13. Elektrovoz DE1 [Electric locomotive DE1]. (n/d). TRAINS.AT.UA. Retrieved from: https://trains.at.ua/_pu/0/82220120.jpg [in Russian].

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. 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 рисунків 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. Рисунки повинні бути розміщені у тексті статті, або на місці рисунку має бути посилання на ім'я окремого файлу з рисунком. 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, 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 обличчя 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.

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

Web: https://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/etc/

Контакти:

Начальник КАЦЗ філії ЕТЦ

Серняєв Олексій Георгійович

e-mail: sernyayev1520mm@gmail.com

З організаційних питань звертатися:

Гурський Юрій Олександрович, моб. тел. +38 063 452 60 93, e-mail: 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 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

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 розрахунків 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 оштовпів, лакофарбових матеріалів, технологічних вод, електролітів, 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



Ваш контакт:
вул. І. Фізорова, 39, м. Київ, 03038, Україна
Тел: 38 (044) 465 35 10
Факс: 38 (044) 528 93 01
Е-пошта: info@ukrainskyi-transport.com
ukrainskyi-transport.com

Для індивідуальних передплатників - 74126
Для підприємств і організацій - 40294
Для електронного видання - 76958

