

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ВАГОНБУДУВАННЯ»

**ЗБІРНИК
НАУКОВИХ ПРАЦЬ
«Рейковий рухомий склад»
«Railbound rolling stock»**

ВИПУСК 24 (2022)

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНБУДУВАННЯ» Міністерства економіки України. - Вип. 24. - Кременчук: Вид-во ДП «УкрНДІВ», 2022. – 162 с.

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» внесено до групи «Б» Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук і доктора філософії (кандидата наук) за спеціальністю: 273 - Залізничний транспорт (наказ МОН №1290 від 30.11.2021) та включено до пошукової системи [Google Scholar](#)

Збірник публікує після рецензування, редагування та перевірки на оригінальність статті, які присвячені теоретичним, методологічним та прикладним проблемам галузі залізничного транспорту. У статтях збірника розглядаються питання щодо конструкцій рухомого складу залізниць, технології та організації транспортних процесів, математичного моделювання об'єктів залізничного транспорту, екологічної безпеки на транспорті, економіки транспортного машинобудування, сертифікації та стандартизації продукції залізничного транспорту та нормативного забезпечення. Для науковців, дослідників, конструкторів та інженерно-технічних працівників транспорту та зв'язку.

Редакційна колегія:

Сафронов О.М., кандидат технічних наук, старший дослідник (головний редактор);

Сулим А.О., кандидат технічних наук, старший дослідник (заступник головного редактора);

Хозя П.О., кандидат технічних наук, старший дослідник;

Федосов-Ніконов Д.В., кандидат технічних наук;

Багров О.М., кандидат технічних наук;

Vaclav PÍŠTĚK – професор, доктор технічних наук (Брноський технологічний університет, Чеська Республіка);

Pavel Kučera – кандидат технічних наук (Брноський технологічний університет, Чеська Республіка);

Juraj Gerlici - професор, доктор технічних наук (Словакія);

Гладких І.В., відповідальний секретар;

Дупітько Н.В., комп'ютерна верстка.

Збірник наукових праць зареєстрований в Державній реєстраційній службі України
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серії КВ № 23892-13732 Р, дата реєстрації 19.04.2019 р.

Статті збірника рецензували члени Редакційної колегії та Експертної комісії по розгляду результатів інтелектуальної і творчої діяльності ДП «УкрНДІВ».

Друкуються мовою оригінала.

Рекомендовано до друку Редакційною колегією (протокол № 1 від 30.06.2022 р.) та Науково-технічною радою ДП «УкрНДІВ» (протокол № 1 від 30.06.2022 р.).

Засновник і видавець - Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонбудування»

E-mail: office@ukrndiv.com.ua

www.ukrndiv.com.ua

MINISTRY OF ECONOMY OF UKRAINE
STATE ENTERPRISE
"UKRAINIAN SCIENTIFIC RAILWAY CAR BUILDING
RESEARCH INSTITUTE"

**COLLECTION
OF RESEARCH PAPERS**

“Railbound rolling stock”

ISSUE 24 (2022)

Collection of research papers "Railbound rolling stock" of the STATE ENTERPRISE "UKRAINIAN RESEARCH INSTITUTE" of the Ministry of Economy of Ukraine. - Issue 24. - Kremenchuk: DP UkrNDIV Publishing House, 2022. - 162 p.

The Collection of research papers "Railbound rolling stock" is included in group "B" of the List of scientific professional periodicals of Ukraine, which may publish the results of dissertations for the degree of Doctor of Science and Doctor of Philosophy (PhD) in specialty: 273 - Railway transport (order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No.1290 dated November 30, 2021) and indexed in the search engine «Google Scholar».

The Collection is published after reviewing, editing and verifying the originality of articles on theoretical, methodological and applied problems of the railway industry. The articles of the Collection deal with issues of railway rolling stock construction, technology and organization of transport processes, mathematical modeling of railway transport facilities, environmental safety in transport, economics of transport engineering, certification and standardization of railway transport products and regulatory support. "Railbound rolling stock" is aimed at scientists, researchers, constructors and engineers of transport and communications.

Editorial Board:

Safronov O.M., Ph. D in Engineering (Editor-in-Chief);

Sulym A.O., Ph. D in Engineering (Deputy Editor-in-Chief);

Khozia P.O., Ph. D in Engineering, Senior Researcher;

Fedosov-Nikonov D.V., Ph. D in Engineering;

Bahrov O.M., Ph. D in Engineering

Vaclav PÍŠTĚK - Professor, Doctor of Engineering Science (Brno University of Technology, Czech Republic);

Pavel Kučera - Ph. D in Engineering (Brno University of Technology, Czech Republic);

Juraj Gerlici - Professor, Doctor of Engineering Science (Slovakia);

Gladkykh I.V., Executive Secretary;

Lashko A.O., computer typesetting.

The collection of scientific works is registered in the
State Registration Service of Ukraine
Certificate of state registration of the print media: series
KV № 23892-13732 P, date of registration is 19 April, 2019

Recommended for publication by the Editorial Board (Minutes No. 1 of 30.06.2022) and
Scientific and Technical Council of UkrNDIV (Minutes No. 1 of 30.06.2022).

Founder and publisher is the State Enterprise
"Ukrainian Railway Car Building Research Institute"

E-mail: office@ukrndiv.com.ua

www.ukrndiv.com.ua

ЗМІСТ РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

<i>А.О. Сулим, О.О. Мельник</i> Формування концептуальних вимог до системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з емнісними накопичувачами енергії.....	7
<i>О.В. Фомін, Г.Л. Ватуля, А.О. Ловська</i> Дослідження навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових...	21
<i>О.В. Фомін, А.О. Ловська, А.М. Фоміна, А.О. Климаш</i> Дослідження вертикальної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи моделі 13-401 з композитними стійками під час руху стиковою нерівністю.....	33
<i>Ю.Я. Водянніков Д.В. Федосов-Ніконов А.М. Стринжа В.М. Полулях</i> Алгоритм визначення показників надійності одиниць рухомого складу залізниць за результатами технічного діагностування в експлуатації.....	47
<i>Ж.О. Семко</i> Вимоги нормативних документів до контейнерів, які призначені для транспортування вантажів залізничним транспортом....	61
<i>О.М. Сафронов, Ю.Я. Водянніков, К.Л. Жихарцев</i> Дослідження динамічної навантаженості гіркового башмака при взаємодії з рухомих складом підвищеного осьового навантаження.....	84
<i>О.В. Бялобржеський, А.І. Гладир, В.Ю. Ноженко</i> Енергетичні процеси в системі керований конденсаторний накопичувач – двигун постійного струму.....	99
<i>О.В. Бялобржеський, А.І. Гладир, В.Ю. Ноженко</i> Вплив процесу енергоспоживання тягової підстанції на вимоги до системи обліку.....	112
<i>Ю.Є. Калабухін, І.Є. Мартинов, А.В. Труфанова</i> Аналіз експлуатаційних складових економіко-технологічних станів життєвого циклу пасажирських вагонів.....	124
<i>М.О. Багров, Ж.О. Семко, О.В. Калаганова</i> Оцінка відповідності продукції для рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту в особливих умовах.....	140
Вимоги до оформлення статей.....	152

CONTENTS
«RAILBOUND ROLLING STOCK»

<i>A.O. Sulym, O.O. Melnyk</i> Formation of concept-based requirements for the control system of energy exchange processes of the metro train with capacitor energy storages	7
<i>O.V. Fomin, G.L. Vatulia, A. O. Lovska</i> Examination of the load capacity of the load-bearing structure of the flatcars with the loading device in their component.....	21
<i>O.V. Fomin, A.O. Lovska, A.M. Fomina, A.O. Klymash</i> Study of the vertical loading of the bearing structure of a platform car model 13-401 with composite racks when moving by a joint roughness.....	33
<i>Yu.Ya. Vodiannikov, D.V. Fedosov-Nikonov, A.M. Strynzha, V.M. Poluliakh</i> Algorithm for determination of reliability indicators of railway rolling stock units based on the results of technical diagnosis in operation.....	47
<i>Zh.O. Semko</i> Requirements of regulatory documents for containers for cargo railway transportation.....	61
<i>O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov, K.L. Zhikhartsev</i> Study of the dynamic loading of the weight shoes during interaction with rolling stock...	84
<i>O.V. Bialobrzheskyi, A.I. Gladyr, V.Yu. Nozhenko</i> Energy processes in the "controlled capacitor accumulator - dc motor" system.....	99
<i>O.V. Bialobrzheskyi, A.I. Gladyr, V.Yu. Nozhenko</i> The influence of the energy consumption process of the traction substation on the requirements for the electricity metering system.....	112
<i>Yu.Ye. Kalabukhin, I.E. Martynov, A.V. Trufanova</i> Analysis of the operational components of the economic and technological states of the life cycle of passenger cars.....	124
<i>O.M. Bahrov, Zh.O. Semko, O.V. Kalahanova</i> Assessment of conformity of products for rolling stock and railway transport infrastructure under special conditions.....	140
Requirements for drawing-up of articles.....	152

А.О. Сулим*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60354, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

О.О. Мельник

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 62043, E-mail: om.oleksandrmelnyk@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8964-4790>

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГООБМІННИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ПОЇЗДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ З ЄМНІСНИМИ НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ

В статті визначено основні проблемні та маловивчені питання за умов впровадження на рухомому складі метрополітену накопичувачів енергії. Встановлено, що одним із актуальних питань є розробка ефективної системи керування енергообмінними процесами між бортовими ємнісними накопичувачами енергії, тяговим обладнанням та контактною мережею як в штатних, так і аварійних режимах роботи системи енергозабезпечення метрополітену. В цій роботі запропоновано розглянути початковий етап створення системи керування енергообмінними процесами, а саме формування вимог до параметрів та функціонування цієї системи. Встановлено вимоги до параметрів та характеристик системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з ємнісними накопичувачами енергії. Описано основні вимоги до функціональних можливостей системи керування енергообмінними процесами. Сформульовано основний концепт роботи системи, який полягає у адаптивності і здатності в автоматичному режимі відслідковувати ступінь заряду та розряду бортового ємнісного накопичувача, а також здійснювати ефективне керування енергією незалежно від режиму роботи системи енергозабезпечення метрополітену та характеру протікання енергетичних процесів в контактній мережі. Запропоновано сформульовані вимоги рекомендувати як базис під час розробки загальних технічних вимог до таких систем. Подальші дослідження необхідно зосередити на розробці технічного рішення системи керування енергообмінними процесами для поїзда метрополітену з ємнісними накопичувачами енергії згідно встановлених вимог.

© Сулим А.О., Мельник О.О., 2022

Ключові слова: енергообмін, ємнісний накопичувач енергії, поїзд, система керування.

А.А. Сулим*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +38 0536(6) 60354, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

А.А. Мельник

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +38 0536(6) 62043, E-mail: om.oleksandrmelnyk@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8964-4790>

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБМЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПОЕЗДЕ МЕТРОПОЛИТЕНА С ЁМКОСТНЫМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

В статье определены основные проблемные и малоизученные вопросы при внедрении на подвижном составе метрополитена накопителей энергии. Установлено, что одним из актуальных вопросов является разработка эффективной системы управления энергообменными процессами между бортовыми ёмкостными накопителями энергии, тяговым оборудованием и контактной сетью как в штатных, так и аварийных режимах работы системы энергообеспечения метрополитена. В этой работе предложено рассмотреть начальный этап создания системы управления энергообменными процессами, а именно формирование требований к параметрам и функционированию этой системы. Установлены требования к параметрам и характеристикам системы управления энергообменными процессами на поезде метрополитена с ёмкостными накопителями энергии. Описаны основные требования к функциональным возможностям системы управления энергообменными процессами. Сформулирован основной концепт работы системы, который заключается в адаптивности и способности в автоматическом режиме отслеживать степень заряда и разряда бортового ёмкостного накопителя, а также совершать эффективное управление энергией независимо от режима работы системы энергообеспечения метрополитена и характера протекания энергетических процессов в контактной сети. Предложено сформулированные требования рекомендовать в качестве базиса при разработке общих технических требований к таким системам. Дальнейшие исследования необходимо сосредоточить на разработке технического решения системы управления энергообменными процессами для поезда метрополитена с ёмкостными накопителями энергии соответственно

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

установленных требований.

Ключевые слова: энергообмен, ёмкостной накопитель энергии, поезд, система управления.

Вступ. Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності використання електроенергії рекуперативного гальмування поїздів та поліпшення енергоресурсозбереження в метрополітені є впровадження бортових систем накопичення. За умов впровадження цих систем на поїздах метрополітену важливим є вирішення цілого ряду задач, а саме:

- дослідження резервів енергозбереження на поїзді метрополітену з системами рекуперації за рахунок впровадження накопичувачів енергії;
- обґрунтування застосування раціонального типу накопичувача в системі енергозабезпечення метрополітену;
- визначення необхідних параметрів накопичувачів енергії для поїзда метрополітену з урахуванням реальних умов його експлуатації;
- розробка комплексного підходу щодо визначення раціональних параметрів накопичувачів (насамперед, потужності та енергоємності) для поїзда метрополітену при заданих умовах його експлуатації;
- оцінка підвищення енергоефективності на поїзді метрополітену за рахунок впровадження накопичувача з раціональними параметрами;
- теоретичні та експериментальні дослідження енергопроцесів в системі енергозабезпечення метрополітену при впровадженні накопичувачів енергії з раціональними параметрами;
- розробка ефективної системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії;
- вплив накопичувачів енергії на якість електроенергії в контактній мережі та надійність роботи пристроїв і систем (наприклад, пристроїв сигналізації та зв'язку);
- удосконалення конструкції накопичувачів енергії в частині збільшення питомої кількості збереження електроенергії;
- вплив накопичувачів енергії на динамічні показники поїзда метрополітену;
- пошук та розробка нових режимів функціонування системи енергозабезпечення метрополітену з накопичувачами енергії, при яких забезпечується мінімізація спожитої електроенергії з мережі та підвищення ефективності використання електроенергії рекуперативного гальмування;
- дослідження надійності роботи систем напрацювання з бортовими накопичувачами енергії (ресурс, напрацювання на відмову тощо);
- створення концептуального проекту енергоефективного поїзда метрополітену за умов впровадження на ньому накопичувачів енергії з раціональними параметрами.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. За результатами аналізу існуючих досліджень в напрямку впровадження бортових накопичувачів енергії на поїзді метрополітену можна зробити висновок, що деякі з сформульованих задач отримали вирішення та їх розглянуто в достатньому об'ємі. Це перш за все задачі, пов'язані з оцінкою кількості заощадженої енергії за рахунок впровадження накопичувачів енергії на поїзді метрополітену, обґрунтування застосування раціонального типу накопичувача та місця його розміщення в системі енергозабезпечення, вибором пристрою для керування енергообмінними

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

процесами, визначення необхідних параметрів ємнісних накопичувачів енергії для поїзда метрополітену.

Зазначена теза підтверджується результатами розгляду та аналізу численних досліджень за цими напрямками [1–22]. Так, за результатами аналізу робіт [1–6] встановлено, що завдяки впровадженню накопичувачів енергії на борту поїзда метрополітену існують резерви заощаджень електроенергії до 52 %. Аналіз праць [7–12] дозволив визначити, що в метрополітені найбільш раціональним є використання бортових ємнісних накопичувачів енергії. Аналіз існуючих технічних рішень для реалізації керування енергообмінними процесами дозволив встановити, що найбільш раціональним та енергоефективним пристроєм для керування процесами заряду та розряду бортових ємнісних накопичувачів енергії на електрорухомому складі є статичний реверсивний перетворювач регульованого типу з індуктивними або ємнісними дозаторами електроенергії [13–15]. Дослідження в роботах [16–22] дозволили визначити необхідні параметри бортових ємнісних накопичувачів енергії для поїздів метрополітену.

Інша частина перелічених задач залишаються не розглянутими в повному обсязі та потребує вирішення в подальшому. Однією з таких важливих і актуальних задач є розробка системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії, здатної здійснювати ефективний енергообмін між тяговим обладнанням, бортовим ємнісним накопичувачем енергії, контактною мережею як в штатних, так і аварійних режимах роботи системи енергозабезпечення метрополітену. Слід зазначити, що впровадження системи дозволить підвищити безпеку руху, поліпшити комфорт пасажирів та їх обслуговування, підвищити енергоефективність як в метрополітені в цілому, так і самого поїзда зокрема. Тому в цій роботі запропоновано більш детально зупинитись на цьому питанні.

Мета цієї статті полягає у формуванні концептуальних вимог до системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з ємнісними накопичувачами енергії.

Матеріал та результати досліджень. На сьогоднішній день в Україні поїзди метрополітену мають проектуватись та виготовлятись згідно вимог, які встановлено в нормативних документах [23, 24], а також правилах та інструкціях [25–27]. Однак ці нормативні документи не містять вимог до систем керування енергообмінними процесами для поїздів метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії. Це пояснюється тим, що на даний час у вітчизняних метрополітенах інноваційні поїзди з бортовими ємнісними накопичувачами відсутні, незважаючи на наявність значної кількості теоретичних досліджень в цьому напрямку. Отже, враховуючи накопичений досвід вітчизняних і іноземних науковців в напрямку проектування та виготовлення поїздів метрополітену з бортовими накопичувачами енергії, а також особливостей існуючих вимог до вітчизняних поїздів метрополітену, сформовано загальні технічні вимоги до системи керування енергообмінними процесами, які наведено в табл. 1.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. - Загальні технічні вимоги до системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії

№ п/п	Назва параметра (характеристики)	Вимоги до параметру (характеристики)
1	2	3
1	Напруга живлення системи керування, В	56...100
2	Номінальна напруга живлення системи керування, В	80±4
3	Рівень пульсації вхідної напруги, %	≤ 4
4	Потужність споживання системи керування при номінальній нарузі 80 В, Вт	≤ 50
5	Час роботи системи за умов відключення від основного джерела живлення, год	≥ 5
6	Термін служби, років	≥ 31
7	Діапазон робочих температур, °С	-40...+50
8	Ступінь захисту оболонки (корпусу) системи керування	≥ IP 54 згідно [28]
9	Ступінь захисту корпусів електричних роз'ємів	≥ IP 65 згідно [28]
10	Матеріали та елементи, які застосовані в системі керування	згідно вимог [29, 30, 31]
11	Кліматичне виконання системи керування	«У», категорія 1.1 згідно вимог [32]
12	Обладнання системи керування в частині стійкості до зовнішніх механічних факторів	Згідно вимог [33] за групою M25
13	Вільний доступ до елементів системи для виконання регламентних робіт з обслуговування та ремонту	Має забезпечуватись
14	Стабільна передача даних сигналів керування та виключення впливу зовнішніх електромагнітних завад на систему керування	Має забезпечуватись
15	Рівні радіозавад та завад на колійні пристрої, створюваних системою керування	Не повинні перевищувати значень, встановлених у вимогах [34, 35]
16	Інтеграція системи керування у загальну систему управління поїздом та моніторингу (система вищого рівня)	Має забезпечуватись
17	Проводи та кабелі системи керування	Мають бути екрановані, мати захист та ізоляцію, відповідати чинним вимогам пожежної безпеки
18	Ізоляція проводів та кабелів	Не має поширювати горіння згідно вимог [36, 37], морозостійка, термостійка, стійка до нафтопродуктів

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл.1

1	2	3
19	Опір ізоляції струмоведучих частин (сухих і чистих) системи керування	Згідно вимог [23, 31]
20	Міцність ізоляції струмоведучих частин (сухих і чистих) системи керування	Згідно вимог [31]
21	Захист від перевантажень та коротких замикань	Має бути селективним і автоматичним, ефективно спрацьовувати незалежно від швидкостей руху поїзда та напруги живлення
22	Заземлення доступних дотику металевих неструмоведучих частин системи керування	Має бути згідно вимог [38, 39]
23	Перехідний опір перемички захисного заземлення, Ом	$\leq 0,01$
24	Величина напрацювання на відмову, викликана несправностями, в результаті яких систему необхідно демонтувати та направити в неплановий ремонт, км пробігу	$\geq 80000 \pm 1000$
25	Контрольний роз'єм для підключення тестового обладнання	Має бути в наявності
26	Захист від несанкціонованого доступу до системи керування	Має забезпечуватись

Система керування енергообмінними процесами (далі – система керування) на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії – мікрокомп'ютерна система керування, яка засновується на напівпровідникових технологіях, програмному забезпеченні та передачі даних. Система керування має забезпечувати:

- роботоздатність за різних навантажень, що відповідають умовам експлуатації поїзда та його окремих систем та вузлів;
- ефективне керування енергообміном між бортовими ємнісними накопичувачами енергії, тяговим обладнанням та контактною мережею як в штатних, так і аварійних режимах роботи системи енергозабезпечення метрополітену;
- виконання функцій моніторингу, виявлення поломок і реєстрації, приймання сигналів з датчиків, їх обробку, визначення енергетичних показників, передачу даних до системи керування поїзда та моніторингу (системи вищого рівня), фіксування та зберігання даних, самодіагностики, редагування, а також керування напівпровідниковими пристроями;
- моніторинг наступних систем та обладнання під час включення: бортового ємнісного накопичувача енергії, статичного реверсивного перетворювача для керування процесами заряду і розряду накопичувача, тягового обладнання (тягових двигунів, перетворювачів, гальмівної системи тощо);
- виявлення поломок або помилок і їх реєстрації за результатами процесу моніторингу систем (у випадку серйозної поломки або помилки система має

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

виводити інформацію та повідомлення про дану поломку або помилку до системи вищого рівня);

– отримання, аналізування та оброблення в режимі реального часу наступних сигналів: напруги контактної мережі, струмів споживання (рекуперації) кожного вагона, фактичної швидкості руху, завантаженості поїзда, рівня завдання сили тяги і гальмування, струмів та напруг в колах емнісних накопичувачів енергії, струмів та напруг в колах кожного тягового двигуна, струмів та напруг в колах гальмівного резистора, температури навколишнього середовища, температури нагріву корпусів емнісних накопичувачів, статичних перетворювачів, тягових двигунів, температури нагріву обмоток тягових двигунів*;

– визначення (облік) спожитої з контактної мережі, рекуперованої до контактної мережі, розсіяної на гальмівних резисторах, спожитої з накопичувачів, рекуперованої в накопичувачі електроенергії поїздом та кожним тяговим вагоном і передача цих даних до системи вищого рівня*;

– зберігання протягом 7 днів наступної інформації: дати та часу, поломок обладнання, перелічених вище показників за результатами їх отримання з датчиків та визначення в процесі обробки*;

– зручне зняття та запис зареєстрованої інформації на зовнішній носій (Flash-пам'ять);

– самодіагностику шляхом перевірки сигналів взаємодії та пам'яті системи на етапах її включення і функціонування;

– редагування за допомогою переносного спеціалізованого пристрою даних оновлення програмного забезпечення, інформації про усунення помилки, редагування назви помилки;

– ефективне керування силовими ключами перетворювачів та комутаторами незалежно від режимів руху поїзда та енергетичних процесів в контактній мережі;

– врахування технічних характеристик тягового обладнання, перетворювачів та бортових емнісних накопичувачів енергії (характер зміни напруги та струму залежно від енергоємності) під час протікання енергообмінних процесів;

– заряд бортового емнісного накопичувача енергії до заданої величини енергоємності в режимі рекуперативного гальмування поїзда та його розряд до мінімально встановленої програмно та «мертвої»** величини енергоємності під час руху в режимі тяги за штатних та аварійних умов роботи системи енергозабезпечення метрополітену відповідно;

– можливість програмного налаштування пріоритетності направлення енергії рекуперації на заряд бортового емнісного накопичувача або до контактної мережі під час штатної роботи системи енергозабезпечення метрополітену та ведення поїзда в режимі рекуперативного гальмування за умови неповного заряду накопичувача;

– генерацію енергії рекуперативного гальмування до контактної мережі для живлення інших споживачів у разі повного заряду накопичувача до заданої величини енергоємності під час штатної роботи системи енергозабезпечення метрополітену;

– розсіювання енергії рекуперативного гальмування на гальмівному резисторі за відсутності споживачів в контактній мережі за умов повного заряду бортового емнісного накопичувача до заданої величини енергоємності під час штатної роботи системи енергозабезпечення метрополітену;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– можливість програмного налаштування пріоритетності направлення накопиченої енергії рекуперативного гальмування в бортовому ємнісному накопичувачі на живлення тягового обладнання або до контактної мережі під час штатної роботи системи енергозабезпечення метрополітену та ведення поїзда в режимі тяги за умови неповного розряду накопичувача;

– живлення тягового обладнання від контактної мережі під час штатної роботи системи енергозабезпечення метрополітену та ведення поїзда в режимі тяги за умови повного розряду бортового ємнісного накопичувача;

– відключення живлення поїзда від контактної мережі в автоматичному режимі в момент виникнення аварійної ситуації в системі енергозабезпечення метрополітену (зняття живлення в контактній мережі), що унеможливить живлення інших споживачів від бортового ємнісного накопичувача енергії;

– направлення накопиченої енергії від бортового ємнісного накопичувача енергії тільки на живлення тягового обладнання поїзда під час аварійної роботи системи енергозабезпечення метрополітену та ведення поїзда в режимі тяги;

– можливість відключення окремих кіл з бортовими ємнісними накопичувачами та тяговим обладнанням через наявність в цих колах серйозної помилки з відповідним записом та передачі даних про помилку в систему вищого рівня.

Примітка. Об'єм інформації, який отримує, аналізує, обробляє, визначає та зберігає система керування має бути остаточно погоджений з вітчизняними метрополітенами на стадії впровадження цих систем.

«Мертва» величина енергоємності – це мінімальне значення енергоємності, до якої можливий процес розряду ємнісного накопичувача енергії, встановлений заводом-виробником.

Враховуючи сформовані вимоги до параметрів та функціональних можливостей системи керування, основний концепт цієї системи має полягати у адаптивності і здатності в автоматичному режимі відслідковувати ступінь заряду та розряду бортового ємнісного накопичувача, а також здійснювати ефективно керування енергією незалежно від режиму ведення поїзда, роботи системи енергозабезпечення метрополітену та характеру протікання енергетичних процесів в контактній мережі.

Висновки.

1. Сформовано загальні технічні вимоги до параметрів (характеристик) системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії. Дані вимоги мають довідковий характер, проте їх можливо рекомендувати в якості базису під час розробки нормативно-технічної документації до таких систем.

2. Визначено основні вимоги до функціональних можливостей та режимів роботи, які має забезпечувати система керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії, що дозволить підвищити безпеку руху, поліпшити комфорт пасажирів та їх обслуговування, підвищити енергоефективність як в метрополітені в цілому, так і самого поїзда зокрема.

3. Сформульовано основний концепт системи керування енергообмінними процесами на поїзді метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії, який полягає у здійсненні ефективного енергообміну в автоматичному режимі не-

залежно від режиму ведення поїзда, роботи системи енергозабезпечення метрополітену та характеру протікання енергетичних процесів в контактній мережі.

Рекомендації.

В подальшому потрібно зосередити зусилля на проектування та виготовлення дослідного зразка системи керування енергообмінними процесами для поїзда метрополітену з бортовими ємнісними накопичувачами енергії згідно встановлених вимог, які рекомендовані в цій роботі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саблін О.І. Дослідження ефективності процесу рекуперації електроенергії в умовах метрополітену. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Вип. 8 (72) /том 6/. С. 9–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.30483>
2. Кузнецов В.Г., Саблин О.И., Губский П.В., Кольхаев Е.Г. Анализ резервов энергосбережения при внедрении системы рекуперации энергии на поездах Днепропетровского метрополитена. *Гірнична електромеханіка та автоматика: наук.-техн. зб. Нац. гірничого ун-ту. Д., 2015. № 95. С. 68–73.*
3. Сулим А.О., Третяк Е.В., Хозя П.О., Мельник О.О., Мужичук С.О. Оцінка резервів енергозбереження під час штатних умов експлуатації рухомого складу метрополітену з системами рекуперації. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2019. № 3(47). С. 66–77. DOI: <https://doi.org/10.30929/2072-2052.2019.3.47.66-77>
4. Сулим А.О., Мужичук С.О., Хозя П.О., Мельник О.О., Федоров В.В. Дослідження енергообмінних процесів під час штатних умов експлуатації рухомого складу метрополітену з системами рекуперації. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2017. № 5 (71). С. 28–47. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2017/112934>
5. Шевлюгин М.В., Желтов К.С. Снижение расхода электроэнергии на движение поездов в Московском метрополитене при использовании емкостных накопителей энергии. *НТТ – Наука и техника транспорта*. 2008. № 1. С. 15–20.
6. Жемеров Г.Г., Ильина Н.А., Тугай Д.В. Уменьшение потерь энергии в системах электроснабжения подвижного состава метрополитена при использовании энергоемких накопителей электроэнергии. *Технічна електродинаміка*. 2014. № 5. С. 137–138.
7. Жемеров Г.Г., Тугай Д.В. Энергия и мощность в системах электроснабжения с полупроводниковыми преобразователями и накопителями энергии. *Електротехніка і електромеханіка*. Х.: 2014. № 1. С. 45–57.
8. Сулим А.А., Хозя П.А. Обоснование необходимости использования емкостных накопителей энергии на подвижном составе метрополитена. *Modern Science–Moderní věda. Praha, Česka Republika*, 2017. №7. С. 9–19.
9. Allègre, A.-L., Bouscayrol A., Delarue P., Barrade P., Chattot E., El-Fassi S. Energy Storage System With Supercapacitor for an Innovative Subway. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vol. 57. Issue 12. 2010. P. 4001–4012.
10. Iannuzzi D., Tricoli P. Speed-based state-of-charge tracking control for metro trains with onboard supercapacitors. *IEEE Trans. Power Electron.* 2012. № 27 (3-4). P. 2129–2140.
11. Ciccarelli F., Iannuzzi D., Tricoli P. Control of metro-trains equipped with onboard supercapacitors for energy saving and reduction of power peak demand. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2012. № 24. P. 36–49.
12. Szénásy I. New energy management of capacitive energy storage in metro railcar by simulation. *Acta Technica Jaurinensis*. 2009. Vol. 2. № 1. P. 117–131.
13. Елисеев А.Д., Фурсов С.А. Суперконденсаторы Nesscap повышают энергоэффективность электроприводов. *Электронные компоненты*. 2015. № 2. С. 84–87.
14. Афанасов А.М., Арпуль С.В., Демчук Р.Н. Пусковые режимы автономного электропоезда с бортовым накопителем энергии. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2016. № 11. С. 18–23.
15. Sulym A., Lomonos A., Bialobrzheskyi O., Safronov O., Khozia P. Analysis of technical solutions for the implementation of on-board energy storage on the electric stock. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 3. P. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/059>

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

16. Рябцев Г.Г., Ермаков И.А., Рубичев Н.А. Расчет конденсаторных накопителей энергии для вагонов метрополитена. *Электротехника*. 2011. № 8. С. 15–19.
17. Sulym A., Fomin O., Khozia P., Mastepan A. Theoretical and practical determination of parameters of On-board capacitive energy storage of the rolling stock. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychoho Universytetu*. 2018. №5. P. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-5/8>.
18. Рябов Е.С. Определение параметров накопителя энергии для электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом в режиме ограничения тока тяговой сети. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2015. № 6 (1115). С. 132–137.
19. Мятёж А.В., Ярославцев М.В. Определение энергоемкости бортового буферного конденсаторного накопителя энергии для городского электрического транспорта. *Транспорт Российской Федерации. Электроснабжение и электротехника*. 2013. № 4 (47). С. 62–65.
20. Kostin M.O., Mukha A.M., Sheikina O.H., Kurylenko O.Y. Determination of energy and electric capacity of on-board supercapacitor regenerative energy storage. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2021. №2 (92). P. 29–39. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/237500>
21. Fomin O., Sulym A., Kulbovskiy I., Khozia P., Ishchenko V. Determiningrational parameters of the capacitive energy storage system for the underground railway rolling stock. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Issue 2 (92). P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126080>
22. Yatsko S., Sidorenko A., Vashchenko Ya., Lyubarskyi B., Yeritsyan B. (2013). Method to improve the efficiency of the traction rolling stock with onboard energy storage. *International journal of renewable energy research*. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 848–858.
23. СОУ МПП 45.060-253:2008 Вагони метрополітену. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 2010-01-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство промислової політики України. 2008. 29 с.
24. ГСТУ 3-017-2001. Вагони метрополітенів. Методи та технічні норми для розрахунку і проектування механічної частини вагонів. [Чинний від 2012-01-01 зі зміною 1 згідно наказу Мінпромполітики України від 27.10.2011 р. № 296]. Вид. офіц. Київ: Державний комітет промислової політики України. 2001. 206 с.
25. Правила технічної експлуатації метрополітенів України, затверджених Наказом Міністерства транспорту України 04.11.2003 р. № 854 (у редакції наказу Міністерства інфраструктури України 12.11.2014 № 578) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1540-14#n17>.
26. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на метрополітенах України, затвердженої Наказом Міністерства транспорту України 04.11.2003р. № 854 (у редакції наказу Міністерства інфраструктури України 07.11.2017 № 373) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1449-17#n4>
27. Інструкція із сигналізації на метрополітенах України, затвердженої Наказом Міністерства транспорту України 04.11.2003 р. № 854 (у редакції наказу Міністерства інфраструктури України 07.11.2017 № 373) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0590-04#n1543>
28. ДСТУ EN 60529:2014 (EN 60529:1992, EN 60529:1992/A1:2000, EN 60529:1992/A2:2013, EN 60529:1992/AC:1993, IDT) Ступені захисту, що забезпечують кожухи (Код IP). [Чинний від 2016-01-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. 2016. 59 с.
29. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Гігієнічні регламенти. Затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України 14.01.2020 р. № 52. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
30. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено Наказом Міністерства внутрішніх справ України 30.12.2014 р. № 1417. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
31. ДСТУ 2773-94 (ГОСТ 9219-95) Апарати електричні тягові. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 1995-07-01] Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. 1996. 77 с.
32. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Действующий от 1971-01-01] Вид. офіц. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам. 1971. 84 с.
33. ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам. [Действующий от 1991-01-01] Издание официальное: Москва, Издательство стандартов. 1990. 38 с.
34. ДСТУ EN 50121-3-1:2018 (EN 50121-3-1:2017, IDT) Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 3-1. Рухомий склад. Поїзд та комплектний транспортний засіб. [Чинний від 2018-01-01] Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2018. 8 с.

35. ДСТУ EN 50121-4:2018 (EN 50121-4:2016, IDT) / Зміна № 1:2019 (EN 50121-4:2016/A1:2019, IDT) Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 4. Емісія та несприйнятливість сигнальної та телекомунікаційної апаратури. [Чинний від 2018-01-01] Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2018. 18 с.

36. ДСТУ 4809-2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування. [Чинний від 2008-01-01] Вид. офіц. Київ Держспоживстандарт України. 2007. 19 с.

37. ГОСТ 12176-89 Кабели, провода и шнуры. Методы проверки на нераспространение горения. [Действующий от 1990-07-01] Издание официальное: Москва, Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. 1990. 4 с.

38. ДСТУ EN ISO 7010:2019 (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. [Чинний від 2020-07-01] Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2020. 137 с.

39. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: «Основа». 2007. 384 с. ISBN 978-966-699-204-1.

A.O. Sulym

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

Tel.: +380 536(6) 60354, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

O.O. Melnyk

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

Tel.: +380 536(6) 62043, E-mail: om.oleksandrmelnyk@gmail.com

33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8964-4790>

FORMATION OF CONCEPT-BASED REQUIREMENTS FOR THE CONTROL SYSTEM OF ENERGY EXCHANGE PROCESSES OF THE METRO TRAIN WITH CAPACITOR ENERGY STORAGES

The article deals with the main challenging and poorly studied issues in terms of introduction of capacitor storages in the metro rolling stock. It is established that one of the urgent issues is the development of an effective control system for energy exchange processes between onboard capacitive energy storage, traction equipment and catenary under both normal and emergency operation modes of metro power supply system. In this paper, it is proposed to consider the initial stage of developing a control system for energy exchange processes, namely the formation of requirements for the parameters and operation of this system. The requirements to the parameters and characteristics of the control system of energy exchange processes on the metro train with capacitive energy storage devices are established. The main requirements to the functional capabilities of the control system of energy exchange processes are described. The basic concept of the system, which consists in adaptability and ability to automatically monitor the degree of charge and discharge of the onboard capacitive storage, as well as to perform efficient energy management regardless of the mode of operation of the subway energy supply system and the nature of energy processes in the catenary is formulated.

The outlined requirements are recommended as a basis for the development of general technical requirements for such systems. Further research should focus on the development of a technical solution for the control system of energy exchange processes for the metro train with capacitive energy storage according to the set out requirements.

Key words: energy exchange, capacitor energy storage, train, control system.

REFERENCES

1. Sablin, O.I. (2014). Study of the efficiency of the electric energy recovery process in the subway. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(8(72)), pp. 9–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.30483>.
2. Kuznetsov, V.G., Sablin, O.I., Gubskiy, P.V., Kolykhaev, Ye.G. (2015). Analiz rezervov energosberezheniya pri vnedrenii sistemy rekuperatsii energii na poezdakh Dnepropetrovskogo metropolitena [Analysis of energy saving reserves during the introduction of energy recovery system on trains of the Dnepropetrovsk metro]. *Hirnychna elektromekhanika ta avtomatyka: naukovo-tekhnichnyi zbirnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu - Mining electromechanics and automation: Scientific and technical journal of National Mining University*, 95, pp. 68–73 [in Russian]
3. Sulym, A.O., Tretiak, E.V., Khozia, P.O., Melnyk, O.O., Muzhichuk, S.O. (2019). Estimation of energy saving reserves under normal operating conditions of metro rolling stock with recovery systems. *Electromechanical and energy saving systems*, 3(47), pp. 66–77. DOI: <https://doi.org/10.30929/2072-2052.2019.3.47.66-77>
4. Sulym, A. O., Muzhychuk, S. O., Khozya, P. O., Melnyk, O. O., Fedorov, V. V. (2017). Study on energy exchange processes in normal operation of metro rolling stock with regenerative braking systems. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 5(71), pp. 28–47. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2017/112934>
5. Shevlyugin, M.V., Zheltov, K.S. (2008). Snizhenie rashkoda elektroenergii na dvizhenie poezdov v Moskovskom metropolitene pri ispolzovanii emkostnykh nakopiteley energii. [Reduction of the expense of the electric power for movement of trains in the Moscow subway at use of capacitive energy storages]. *NTT – Nauka i tekhnika transporta. - Science and technology of transport*, 1, pp. 15–20 [in Russian]
6. Zhemerov, G.G., Ilina N.A., Tugay D.V. (2014). Umenshenie poter energii v sistemakh elektrosnabzheniya podvizhnogo sostava metropolitena pri ispolzovanii energoemkikh nakopiteley elektroenergii. [Reduction of energy losses in the power supply systems of the rolling stock of the subway when using energy-intensive electric energy storage devices]. *Tekhnichna elektrodynamika - Technical electrodynamics*, 5, pp. 137–138 [in Russian]
7. Zhiemierov, G.G., Tugai, D.V. (2014). Energy and power in power supply systems with semiconductor converters and energy storage. *Electrical engineering and electromechanics*, Kharkiv, 1, pp. 9 – 19.
8. Sulim, A.A., Khozya, P.A. (2017). Obosnovanie neobkhodimosti ispolzovaniya emkostnykh nakopiteley energii na podvizhnom sostave metropolitena. [Substantiation of the need to use capacitive energy storage devices on the rolling stock of the metro]. *Modern Science – Moderní věda. Praha, Czech Republic*, 7, pp. 9–19 [in Russian]
9. Allègre, A.-L., Bouscayrol A., Delarue P., Barrade P., Chattot E., El-Fassi S. (2010). Energy Storage System With Supercapacitor for an Innovative Subway. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 12, Vol. 57, pp. 4001–4012.
10. Iannuzzi, D., Tricoli P. (2012). Speed-based state-of-charge tracking control for metro trains with onboard supercapacitors. *IEEE Trans. Power Electron.* 27 (3-4), pp. 2129–2140.
11. Ciccarella, F., Iannuzzi, D., Tricoli, P. (2012). Control of metro-trains equipped with onboard supercapacitors for energy saving and reduction of power peak demand. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, pp. 36–49.
12. Szénási, I. (2009). New energy management of capacitive energy storage in metro railcar by simulation. *Acta Technica Jaurinensis*, Vol. 2, 1. pp. 117–131.
13. Yeliseev, A.D., Fursov S.A. (2015). Superkondensatory Nesscap povyshayut energoeffektivnost elektropriwodov. [Nesscap supercapacitors increase the energy efficiency of electric drives]. *Elektronnye komponenty. - Electronic components*, 2, pp. 84–87 [in Russian]
14. Afanasov, A.M., Arpul, S.V., Demchuk R.N. (2016). Puskovye rezhimy avtonomnogo elektropoezda s bortovym nakopitelem energii [Starting modes of an autonomous electric train with onboard energy stor-

age]. *Elektromagnitna sumisnist ta bezpeka na zaliznychnomu transporti - Electromagnetic compatibility and safety in railway transport*, 11, pp. 18–23 [in Russian].

15. Sulym, A., Lomonos, A., Bialobrzheskyi O., Safronov O., Khozia P. (2020). Analysis of technical solutions for the implementation of on-board energy storage on the electric stock. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, pp. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/059>

16. Riabtsev, H.H., Ermakov, Y.A., Rubychyev, N.A. (2011). Raschet kondensatornykh nakopitelei enerhii dlia vahonov metropolitena [Calculation of condenser energy storage devices for metro cars]. *Elekrotiekhnika - Electrical engineering*, 8, pp. 15–19 [in Russian].

17. Sulym, A., Fomin, O., Khozia, P., Mastepan, A. (2018). Theoretical and practical determination of parameters of On-board capacitive energy storage of the rolling stock. *Naukovyi Visnyk Natsionalnogo Hirnychogo Universytetu - Scientific Bulletin of National Mining University*, pp. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-5/8>.

18. Riabov, Ye.S. (2015). Opriediteleniie parametrov nakopitielia enerhii dlia eliektropodvyznoho sostava s asynkronnym tiahovym privodom v riezhye ohranicheniia toka tiahovoi sieti. [Determination of energy storage parameters for electric rolling stock with asynchronous traction drive in traction network current limiting mode]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskii politekhnichnyi instytut» - Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*, 6 (1115), pp. 132–137 [in Russian].

19. Miatiezh, A.V., Yaroslavtsev, M.V. (2013) Vyznachennia enerhoiemnosti bortovoho bufernoho kondensatomoho nakopychuvacha enerhii dlia miskoho elektrychnoho transportu [Determination of energy consumption of onboard buffer capacitor energy storage for urban electric transport]. *Transport Rossiiskoi Federatsii. Elektropostachannia ta elektrotekhnika -Transport of the Russian Federation. Power supply and electrical engineering*, 4 (47), pp. 62–65 [in Russian].

20. Kostin, M.O., Mukha, A.M., Sheikina, O.H., Kurylenko, O.Y. (2021). Determination of energy and electric capacity of on-board supercapacitor regenerative energy storage. *Science and progress of transport. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 2(92), pp. 29–39. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/237500>

21. Fomin, O., Sulym, A., Kulbovskiy, I., Khozia, P., Ishchenko, V. (2018). Determining grational parameters of the capacitive energy storage system for the underground railway rolling stock. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Issue 2 (92)*, pp. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126080>

22. Yatsko, S., Sidorenko, A., Vashchenko, Ya., Lyubarskyi B., Yeritsyan B. (2019). Method to improve the efficiency of the traction rolling stock with onboard energy storage. *International journal of renewable energy research*, 2, Vol. 9, pp. 848–858.

23. Vahony metropolitenu. Zahalni tekhnichni vymohy [Metro cars. General technical requirements] (2008). SOU MPP 45.060-253: 2008 from the 1-st January 2010. Kyiv: *Ministerstvo promyslovoi polityky Ukrainy - Ministry of Industrial Policy of Ukraine* [in Ukrainian]

24. Vahony metropoliteniv. Metody ta tekhnichni normy dlia rozrakhunku i proektuvannia mekhanichnoi chastyny vahoniv. [Metro cars. Methods and technical standards for the calculation and design of the mechanical part of cars] (2001). GSTU 3-017-2001 from the 1-st January 2012, with change 1 according to the order of the dated October 27, 2011 No. 296. Kyiv: Derzhavnyi komitet promyslovoi polityky Ukrainy - State Committee for Industrial Policy of Ukraine [in Ukrainian]

25. Pravyly tekhnichnoi ekspluatatsii metropoliteniv Ukrainy, zatverdzhenykh Nakazom Ministerstva transportu Ukrainy vid 04.11.2003 roku № 854 (u redaktsii nakazu Ministerstva infrastruktury Ukrainy vid 12.11.2014 № 578) [Rules of technical operation of metro of Ukraine, approved by the Order of the Ministry of Transport of Ukraine]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1540-14#n17> [in Ukrainian].

26. Instruktsiia z rukhu poizdiv i manevrovoy roboty na metropolitenakh Ukrainy, zatverdzhenoj Nakazom Ministerstva transportu Ukrainy 04.11.2003r. № 854 (u redaktsii nakazu Ministerstvainfrastruktury Ukrainy 07.11.2017 № 373). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1449-17#n4> [in Ukrainian]

27. Instruktsiia iz syhnalizatsii na metropolitenakh Ukrainy, zatverdzhena Nakazom Ministerstva transportu Ukrainy vid 04.11.2003 r. № 854 (u redaktsii nakazu Ministerstva infrastruktury Ukrainy 07.11.2017 № 373) [Instruction on signaling on the subways of Ukraine, approved by the Order of the Ministry of Transport of Ukraine 04.11.2003 № 854 (as amended by the order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine 07.11.2017 № 373)]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0590-04#n1543> [in Ukrainian]

28. Stupeni zakhystu, shcho zabezpechuiut kozhukhy (Kod IP). [Degrees of protection provided by enclosures. (IP code)]. (2016) *DSTU EN 60529:2014 (EN 60529:1992, EN 60529:1992/A1:2000, EN*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

60529:1992/A2:2013, EN 60529:1992/AC:1993, IDT) from the 1-st January 2016. Kyiv: Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy [in Ukrainian]

29 Hranychno dopustymi kontsentratsii khimichnykh i biolohichnykh rechovyn v atmosfernomu povitri naselenykh mists. Hihienichni rehlymenty. Zatverdzheno Nakazom Ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy 14.01.2020 roku № 52 [Maximum allowable concentrations of chemicals and biological substances in the air of populated areas. Hygienic regulations. Approved by the Order of the Ministry of Health of Ukraine on January 14, 2020. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text> [in Ukrainian]

30 Pravyla pozhezhnoi bezpeky v Ukraini. Zatverdzheno Nakazom Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy 30.12.2014 r. № 1417 [Fire safety rules in Ukraine. Approved by the Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 30.12.2014 № 1417]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> [in Ukrainian]

31. Aparaty elektrychni tiahovi. Zahalni tekhnichni vymohy. [Electric traction devices. General technical requirements]. (1995). DSTU 2773-94 (HOST 9219-95) from 1995. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian]

32. Mashyny, pribory i druhie tiekhnichieskie izdeliia. Yspolneniia dlia razlychnykh klimaticheskikh raionov. Kategoria, usloviia ekspluatatsii, khranieniia y transportyrovaniia v chasty vozdeistviia klimaticheskikh faktorov vneshnei sre-dy [Machines, devices and other technical products. Versions for different climatic regions. Categories, conditions of operation, storage and transportation in terms of the impact of climatic factors of the environment] (1971). HOST 15150-69 from the 1-st January 1971. Moskva: Hosudarstvennyi komitet SSSR po standartam [in Russian]

33. Yzdeliia elektrotiekhnichieskie. Obshchie trebovaniia v chasti stoikosti k mekhanycheskim vneshnim vozdeistviushchim faktoram. [Electrotechnical products. General requirements in terms of resistance to mechanical external influencing factors]. (1990). HOST 17516.1-90 from the 1-st January 1991. Moscow: Yzdatelstvo standartov [in Russian]

34. Zaliznychnyi transport. Elektromahnitna sumisnist. Chastyna 3-1. Rukhomyi sklad. Poizd ta komplektnyi transportnyi zasib [Railway applications - Electromagnetic compatibility - Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle]. (2018). DSTU EN 50121-3-1:2018 (EN 50121-3-1:2017, IDT) from the 1-st January 2018. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]

35. Zaliznychnyi transport. Elektromahnitna sumisnist. Chastyna 4. Emisiia ta nespyriiatlyvist syhnalnoi ta telekomunikatsiinoi aparatury [Railway transport. Electromagnetic compatibility. Part 4. Emission and immunity of signaling and telecommunication equipment]. (2018). DSTU EN 50121-4:2018 (EN 50121-4:2016, IDT)/Zmina № 1:2019 (EN 50121-4:2016/A1:2019, IDT). from the 1-st January 2018. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]

36. Izolovani provody ta kabeli. Vymohy pozhezhnoi bezpeky ta metody vyprobuvanniia [Insulated wires and cables. Fire safety requirements and test methods] (2007). DSTU 4809-2007 from the 1-st January 2008. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian]

37. Kabieli, provoda y shnury. Metody proverki na nerasprostraneniia horieniia [Cables, wires and cords. Check methods for flame propagation] (1990). HOST 12176-89 Moskva: Hosudarstvennyi komitet SSSR po upravleniiu kachestvom produktsii i standartam [in Russian]

38. Hrafichni symvoly. Kolory ta znaky bezpeky. Zareiestrovani znaky bezpeky. [Graphical symbols — Safety colours and safety signs] (2020). DSTU EN ISO 7010:2019 (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT). from the 1-st of July, 2020. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian]

39. Pravyla bezpechnoi ekspluatatsii elektroustanovok spozhyvachiv [Insulated wires and cables. Fire safety requirements and test methods]. (2007). DSTU 4809-2007. Kyiv: «Osнова». ISBN 978-966-699-204-1 [in Ukrainian]

О.В. Фомін*

Державний університет інфраструктури та технологій
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна
Телефон: +380 95 1429074, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

Г.Л. Ватуля

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 50 3007770, E-mail: glebvatulya@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3823-7201>

А.О. Ловська

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 66 3381946, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

ДОСЛІДЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ З НАПОВНЮВАЧЕМ В ЇЇ СКЛАДОВИХ

В статті висвітлюються результати досліджень навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових. Дослідження проведені стосовно вагона-платформи моделі 13-401. Для визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи проведено математичне моделювання. При цьому використано математичну модель, сформовану професором Г. І. Богомазом. Однак дану модель було доопрацьовано шляхом адаптації до визначення динамічної навантаженості вагона-платформи з пружно-в'язким наповнювачем в хребтовій та основних повздовжніх балках. Враховано, що вагон-платформа завантажений контейнером-цистерною типорозміру ІСС. У якості наливного вантажу прийнято бензин. Розв'язання диференціальних рівнянь руху здійснено за методом Рунге-Кутти в програмному комплексі MathCad. Максимальні прискорення склали 35,2 м/с² та виникають в момент удару. Дана величина прискорення на 3,7% нижча за ту, що отримана для несучої конструкції без наповнювача. Величина прискорення, яке діє на контейнер-цистерну дорівнює близько 40 м/с², тобто не перевищує допустиме значення. Отримані прискорення враховано при розрахунках на міцність несучої конструкції вагона-платформи. При цьому застосовано метод скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation.

© Фомін О.В., Ватуля Г.Л., Ловська А.О., 2022

Наявність наповнювача в несучій конструкції моделювалася постановкою зв'язків “пружина–демпфер” з відповідними характеристиками. Максимальні еквівалентні напруження при цьому зафіксовані в зонах взаємодії шворневих балок з хребтовою та складають близько 300 МПа, що нижче на 13% у порівнянні з типовою конструкцією.

Проведені дослідження сприятимуть зменшенню пошкоджень вагонів-платформ та контейнерів при експлуатаційних режимах, а також створенню рекомендацій щодо проектування інноваційних конструкцій транспортних засобів.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-платформа, несуча конструкція, динамічна навантаженість, міцність.

А. В. Фомин*

Государственный университет инфраструктуры и технологий
ул. Кирилловская, 9, г. Киев, 04071, Украина
Телефон: +380 95 1429074, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

Г. Л. Ватуля

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, м. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 50 3007770, E-mail: glebvatulya@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3823-7201>

А. А. Ловская

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, м. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 66 3381946, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ С НАПОЛНИТЕЛЕМ В ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ

В статье освещаются результаты исследований нагруженности несущей конструкции вагона-платформы с наполнителем в ее составляющих. Исследования проведены на вагоне-платформе модели 13-401. Для определения динамической нагруженности несущей конструкции вагона-платформы проведено математическое моделирование. При этом использована математическая модель, сформированная профессором Г. И. Богомазом. Однако эта модель была доработана путем адаптации к определению динамической нагруженности вагона-платформы с упруго-вязким наполнителем в хребтовой и основных продольных балках. Учтено, что вагон-платформа загружен контейнером-цистерной типоразмера 1СС. В качестве наливного груза принят бензин. Решение дифференциальных уравнений движения осуществлено методом Рунге-

Кутта в програмном комплексі MathCad. Максимальні прискорення склали $35,2 \text{ м/с}^2$ і виникають при ударі. Данна величина прискорення на 3,7% нижче отриманої для несучої конструкції без наповнювача. Величина прискорення, діючого на контейнер-цистерну, рівна приблизно 40 м/с^2 , тобто не перевищує допустиме значення. Отримані прискорення враховані при розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи. При цьому застосовано метод кінцевих елементів, реалізований в програмному комплексі SolidWorks Simulation.

Наявність наповнювача в несучій конструкції моделювалося постановкою зв'язей "пружина-демпфер" з відповідними характеристиками. Максимальне еквівалентне напруження при цьому зафіксовано в зонах взаємодії шкворневих балок з хребтовою і становить приблизно 300 МПа, що нижче на 13% порівняно з типовою конструкцією.

Проведені дослідження будуть сприяти зменшенню пошкоджень вагонів-платформ і контейнерів при експлуатаційних режимах, а також створенню рекомендацій по проектуванню інноваційних конструкцій транспортних засобів.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-платформа, несуча конструкція, динамічна навантаженість, міцність.

Вступ та постановка проблеми. Перспективи техніко-економічного розвитку європейських держав зумовлюють необхідність підвищення ефективності використання залізничного транспорту. Найбільш поширеними типами вагонів, які дістали використання у міжнародному сполученні є вагони-платформи для перевезення контейнерів.

Важливо сказати, що несучі конструкції вагонів-платформ зазнають значних пошкоджень в експлуатації, зокрема при маневрових співудареннях, в випадках коли динамічне навантаження, яке діє на контейнера, розміщені на них, перевищує силу тертя між фітінговими упорами та фітінгами. Це обумовлює додаткову навантаженість як фітінгів контейнерів, так і фітінгових упорів вагонів-платформ. При цьому найбільш поширеними пошкодженнями фітінгових упорів є тріщини та деформації, а контейнерів – тріщини в фітінгах, деформації, перекося стійок тощо.

Тому важливим є створення заходів щодо зменшення пошкоджень несучих конструкцій вагонів-платформ та контейнерів, що дозволить підвищити ефективність їх експлуатації, зменшити витрати на позапланові види ремонту, створити рекомендації щодо проектування сучасних транспортних засобів тощо.

Аналіз існуючих досліджень. Результати визначення стійкості, розтягнення та підйому несучої конструкції вагона-платформи при експлуатаційних навантаженнях приведені у роботі [1]. При цьому проводилися теоретичні та експериментальні дослідження, які здійснені з використанням сучасних методів розрахунків.

Розрахунок основних характеристик міцності довгобазної несучої конструкції вагона-платформи проводиться у роботі [2]. Визначено найбільш навантажені елементи рами вагона-платформи та вимоги щодо безпечної експлуатації.

Однак заходів щодо покращення показників міцності вагонів-платформ в зазначених роботах не запропоновано.

Дослідження вертикальної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зі зміщеним центром ваги проводиться у роботі [3]. Визначено прискор-

рення, які діють на вагон. Запропоновані заходи щодо покращення безпеки руху вагона.

Визначення динамічних показників вагона-платформи під час руху рейковою колією розглянуто у роботі [4]. Запропоновані розрахункові схеми та диференціальні рівняння, які дозволяють дослідити просторові коливання вагона-платформи з двома кососиметрично розміщеними важковаговими вантажами.

Разом з цим, заходів щодо зменшення динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів-платформ в роботі не запропоновано.

Визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи, завантаженої двома контейнерами, при маневровому співударянні проводиться у роботі [5]. Дослідження проведені для випадку відсутності переміщень контейнерів відносно рами вагона-платформи, а також з урахуванням їх наявності. Однак заходам щодо зменшення динамічної навантаженості вагона-платформи та контейнерів в роботі уваги не приділено.

Особливості концепції модернізації вантажних вагонів, в тому числі, відкритого типу, наведені в роботі [6]. Запропоновані заходи щодо адаптації несучих конструкцій вагонів до експлуатаційних умов навантаження. Наведені результати розрахунку на міцність модернізованих несучих конструкцій вагонів.

Важливо відмітити, що під час проектування несучих конструкцій вагонів не передбачено заходів щодо зменшення їх динамічної навантаженості під час експлуатації.

В публікації [7] наведено результати визначення динамічної навантаженості та міцності несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в хребтовій балці. Проведені розрахунки підтвердили доцільність запропонованих рішень.

Однак дослідження проведені за умови застосування наповнювача тільки в хребтовій балці, а також завантаження вагона-платформи суховантажними контейнерами. Викликає цікавість дослідження навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем, який має енергопоглинальні властивості, в складових рами завантаженої контейнерами-цистернами при найбільш несприятливих режимах навантаження.

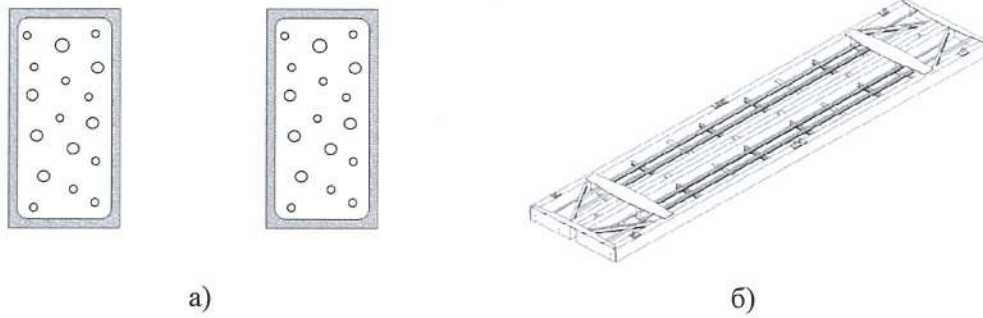
Мета. Метою статті є висвітлення результатів дослідження завантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових. Для досягнення зазначеної мети визначені такі завдання:

- провести моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових;
- провести розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових.

Матеріали та результати досліджень. Для зменшення навантаженості несучої конструкції вагона-платформи в експлуатації запропоновано її удосконалення шляхом створення хребтової та основних поздовжніх балок замкненої конструкції, заповнених наповнювачем з пружно-в'язкими властивостями (рис. 1).

Доцільність заповнення конструкції наповнювачем з пружно-в'язкими властивостями розглянуто в роботі [7], тому детально зупиняється на цьому питанні в даному дослідженні відсутня необхідність. Дослідження проведені стосовно вагона-платформи моделі 13-401 (рис. 2).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



*Рис. 1. Удосконалена конструкція рами вагона-платформи
(а – переріз хребтової балки; б – несуча конструкція)*



Рис. 2. Вагон-платформа моделі 13-401

Визначення оптимальних параметрів профілів хребтової та основних повздовжніх балок здійснено методом лінійного програмування.

З метою обґрунтування запропонованих рішень проведено визначення динамічної навантаженості вагона-платформи у повздовжній площині. Для цього використано математичну модель, розроблену проф. Богомазом Г.І., яка описує динамічну навантаженість довгобазного вагона-платформи, завантаженого чотирма контейнерами-цистернами при дії повздовжньої сили на задній упор автозчепу [8, 9]. Однак дану модель було доопрацьовано шляхом адаптації до визначення динамічної навантаженості вагона-платформи з пружно-в'язким наповнювачем в хребтовій та основних повздовжніх балках. Розрахункова схема наведена на рисунку 3.

Враховано, що на задній упор автозчепу діє повздовжня сила у 3,5 МН [10, 11]. Вагон-платформа завантажений контейнером-цистерною типорозміру ІСС. У якості наливного вантажу прийнято бензин.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

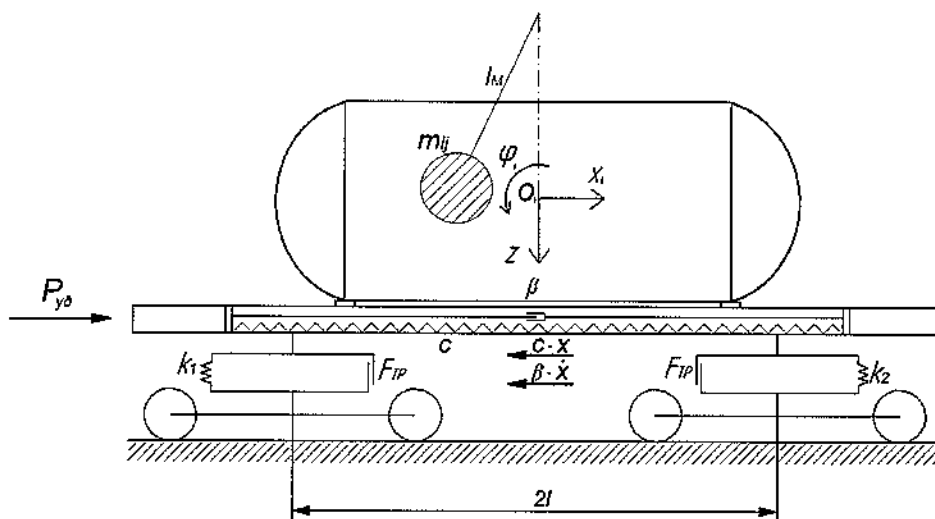


Рис. 3. Розрахункова схема вагона-платформи

Вертикальні переміщення контейнера-цистерни відносно рами не враховувалися. У випадку коли $x_i=30$ мм, тоді $x_i=x$.

$$M'_{\text{пл}} \cdot \ddot{x}_{\text{пл}} + M_{\text{пл}} \cdot h \cdot \ddot{\varphi}_{\text{пл}} = S_a - S_i - \beta \cdot \dot{x} - c \cdot x, \quad (1)$$

$$I_{\text{пл}} \cdot \ddot{\varphi}_{\text{пл}} + M_{\text{пл}} \cdot h \cdot \ddot{x}_{\text{пл}} - g \cdot \varphi_{\text{пл}} \cdot M_{\text{пл}} \cdot h = l \cdot F_{\text{TP}} (\text{sign} \dot{\Delta}_1 - \text{sign} \dot{\Delta}_2) + l(k_1 \cdot \Delta_1 - k_2 \cdot \Delta_2), \quad (2)$$

$$M_{\text{пл}} \cdot \ddot{z}_{\text{пл}} = k_1 \cdot \Delta_1 + k_2 \cdot \Delta_2 - F_{\text{TP}} (\text{sign} \dot{\Delta}_1 - \text{sign} \dot{\Delta}_2), \quad (3)$$

$$\left(m_i + \sum_{j=1}^k m_{ij} \right) \cdot \ddot{x}_i + \left(m_i \cdot z_{ci} + \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot c_{ij} \right) \cdot \ddot{\varphi}_i - \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \ddot{\xi}_{ij} = S_i, \quad (4)$$

$$\left(I_{\text{от}} + \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot c_{ij}^2 \right) \cdot \ddot{\varphi}_i + \left(m_i \cdot z_{ci} + \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot c_{ij} \right) \cdot \ddot{x}_i + \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot c_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \ddot{\xi}_{ij} - g \cdot \left(m_i \cdot z_{ci} + \sum_{j=1}^k m_{ij} \cdot c_{ij} \right) \cdot (\varphi_{\text{пл}} - \varphi_i) = 0, \quad (5)$$

$$\left(m_i + \sum_{j=1}^k m_{ij} \right) \cdot \ddot{z}_{\text{пл}} = 0, \quad (6)$$

$$I_{ij} \cdot \ddot{\xi}_{ij} - m_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \ddot{x}_{ij} - m_{ij} \cdot c_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \ddot{\varphi}_i + g \cdot m_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \ddot{\xi}_{ij} = 0, \quad (7)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\text{де } M'_{пл} = M_{пл} + 2 \cdot m_T + \frac{n \cdot I}{r^2}; \Delta_1 = z_{пл} - l \cdot \varphi_{пл}; \Delta_2 = z_{пл} + l \cdot \varphi_{пл}$$

$$S_i = f_{mp} \cdot \text{sign} \cdot (x_{пл} - x_i)'$$

де $M_{пл}$ – маса несучої конструкції вагона-платформи;
 $I_{пл}$ – момент інерції вагона-платформи відносно повздовжньої осі;
 S_a – величина повздовжньої сили удару в автозчеп;
 f_{mp} – амплітудне значення сили сухого тертя;
 m_T – маса візка;
 I – момент інерції колісної пари;
 r – радіус середнезношеного колеса;
 n – кількість осей візка;
 l – половина бази вагона-платформи;
 F_{TP} – абсолютне значення сили сухого тертя у ресорному комплекті;
 k_1, k_2 – жорсткість пружин ресорного підвішування візків вагона-платформи;
 k – кількість тонів коливань наливного вантажу;
 m_i – маса тіла, яке еквівалентне контейнеру-цистерні з частиною наливного вантажу, що не приймає участі у переміщенні відносно котла;
 m_{ij} – маса маятника у контейнері-цистерні;
 z_{ci} – висота центру ваги контейнера-цистерни;
 c_{ij} – відстань від площини $z_i = 0$ до точки закріплення маятника у контейнері-цистерні;
 l_{ij} – довжина маятника;
 I_a – приведений момент інерції контейнера-цистерни та наливного вантажу, що не приймає участі у русі відносно котла;
 I_{ij} – момент інерції маятника;
 $x_{пл}, \varphi_{пл}, z_{пл}$ – координати, що відповідають, відповідно, повздовжньому, кутовому навколо повздовжньої осі та вертикальному переміщенню вагона-платформи;
 x_i, φ_i – координати, що відповідають, відповідно, повздовжньому та кутовому навколо повздовжньої осі переміщенню контейнера-цистерни;
 ζ_{ij} – кут відхилення маятника від вертикалі.

Під час проведення розрахунків враховано, що несуча конструкція вагона-платформи спирається на візки моделі 18-100. Розв'язання диференціальних рівнянь руху (1)–(7) здійснено за методом Рунге-Кутта в програмному комплексі MathCad [12, 13]. Початкові переміщення та швидкості прийняті рівними нулю [14, 15]. Жорсткість матеріалу, яким заповнена хребтова та основні повздовжні балки склала 87 кН/м, а коефіцієнт в'язкого опору – 130 кН·с/м, що визначено шляхом математичного моделювання.

Максимальні прискорення склали 35,2 м/с² та виникають в момент удару (рис. 4). Дана величина прискорення на 3,7% нижча за ту, що отримана для несучої конструкції без наповнювача. Величина прискорення, яке діє на контейнер-цистерну дорівнює близько 40 м/с², тобто не перевищує допустиме значення [16].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

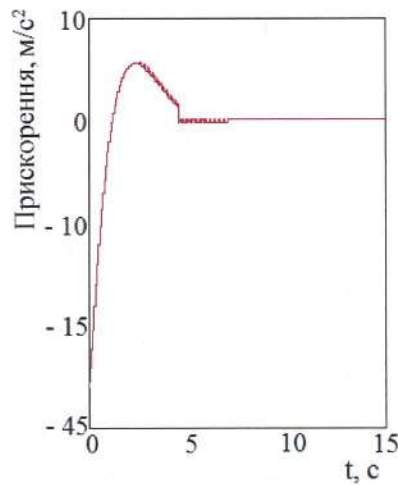


Рис. 4. Прискорення, які діють на несучу конструкцію вагона-платформи

Отримані прискорення враховано при розрахунках на міцність несучої конструкції вагона-платформи. При цьому застосовано метод скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation. Розрахункова схема несучої конструкції вагона-платформи наведена на рисунку 5. При її складанні враховано, що на несучу конструкцію вагона-платформи діє повздовжнє навантаження P_n у 3,5 МН, яке прикладене до заднього упору автозчепу, вертикальне навантаження P_e від ваги бруто контейнера, а також горизонтальні реакції P_z , що діють на фітингові упори.

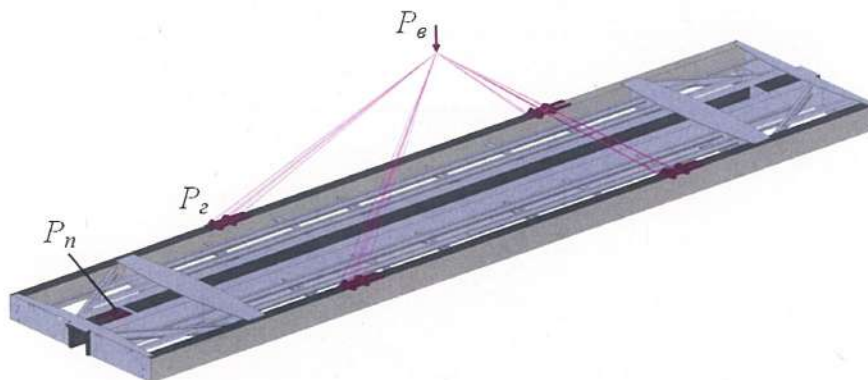


Рис. 5. Розрахункова схема несучої конструкції вагона-платформи

У якості скінчених елементів використані ізопараметричні тетраедри, оптимальна чисельність яких визначена за графоаналітичним методом [17, 18]. Кількість елементів сітки склала 374541, вузлів – 127832. Максимальний розмір елементу сітки дорівнює 100,0 мм, мінімальний – 20,0 мм, максимальне співвідношення боків елементів – 4731,9, відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох – 10,9,

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

більше десяти – 20,3. Мінімальна кількість елементів в колі – 9, співвідношення збільшення розміру елемента – 1,7. Матеріал конструкції – сталь марки 09Г2С. Закріплення моделі здійснювалося в зонах обпирання на ходові частини. Наявність наповнювача в несучій конструкції моделювалася постановкою зв'язків “пружина–демпфер” з відповідними характеристиками. Результати розрахунку наведені на рисунку 6.

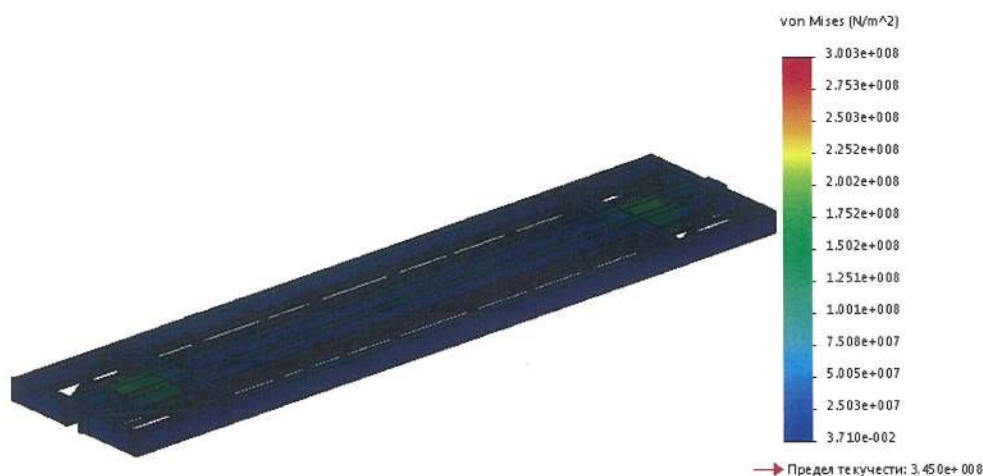


Рис. 6. Напружений стан несучої конструкції вагона-платформи

Максимальні еквівалентні напруження при цьому зафіксовані в зонах взаємодії шворневих балок з хребтовою та складають близько 300 МПа і не перевищують допустимих [10, 11]. Отримана величина напружень нижча на 13% у порівнянні з тією, що виникає у типовій конструкції.

Висновки.

1. Проведено моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових. Жорсткість матеріалу, яким заповнена хребтова та основні повздовжні балки склали 87 кН/м, а коефіцієнт в'язкого опору – 130 кН·с/м.

Максимальні прискорення, які діють на несучу конструкцію вагона-платформи склали 35,2 м/с² та виникають в момент удару. Отримана величина прискорення на 3,7% нижча за ту, що розрахована для несучої конструкції без наповнювача. Величина прискорення, яке діє на контейнер-цистерну дорівнює близько 40 м/с², тобто не перевищує допустиме значення.

2. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи з наповнювачем в її складових. При цьому максимальні еквівалентні напруження зафіксовані в зонах взаємодії шворневих балок з хребтовою та складають близько 300 МПа, що нижче на 13% у порівнянні з типовою конструкцією.

Проведені дослідження сприятимуть зменшенню пошкоджень вагонів-платформ та контейнерів при експлуатаційних режимах, а також створенню рекомендацій щодо проектування інноваційних конструкцій транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Apurba Das, Gopal Agarwal. Compression, tension & lifting stability on a meter gauge flat Wagon: an experimental approach. *Australian Journal of Mechanical Engineering*. 2020. June. DOI: <https://doi.org/10.1080/14484846.2020.1775007>
2. Fedosov-Nikonov D.V., Sulym A.O., Ichyshyn V.V., Safronov O.M., Kelrikh M.B. Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 985. 012029. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012029>
3. Shatunov O.V., Shvets A.O. Study of dynamic indicators of flat wagon with load centre shift. *Наука та прогрес транспорту*. 2019. № 2 (80). С. 127 – 143. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/165160>
4. Анисимов П. С., Петров Г. И. Пространственные колебания вагона-платформы. *Мир транспорта*. 2014. №2. С. 20 – 26.
5. Fomin O., Lovska A., Radkevych V., Horban A., Skliarenko I., Gurenkova O. The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2019. Vol. 14. No. 21. P. 3747 – 3752.
6. Piaczek M., Wróbel A., Buchacz A. A concept of technology for freight wagons modernization. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Vol. 161. 012107 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012107>
7. Фомін О. В., Ловська А. О., Рибін А. В. Дослідження повздовжньої навантаженості вагона-платформи з наповнювачем в несучій конструкції. *Наукові вісті Давіського університету*. 2021. №21. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-17>
8. Богомаз Г. И., Мехов Д. Д., Пилипченко О. П., Черномащенко Ю. Г. Нагруженность контейнеров-цистерн, расположенных на железнодорожной платформе, при ударах в автосцепку. *Зб. наук. праць "Динаміка та керування рухом механічних систем"*. Київ: АНУ, Інститут технічної механіки. 1992. С. 87 – 95.
9. Fomin O., Lovska A. Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. №2/7 (110). P. 6 – 15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
10. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.
11. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. Москва, 2016. 54 с.
12. Lovska A., Fomin O, Pištěk V., Kučera P. Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. *Applied Sciences*. 2020. №10. 5710. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10165710>
13. Fomin O., Lovska A. Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6. Issue 7 (108). P. 21 – 29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217162>
14. Fomin O., Gerlici J., Gorbunov M., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. Research into the Strength of an Open Wagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. *Materials*. 2021. Vol. 14 (12). 3420. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>
15. Fomin O., Gorbunov M., Lovska A., Gerlici J., Kravchenko K. Dynamics and strength of circular tube open wagons with aluminum foam filled center sills. *Materials*. 2021. Vol. 14(8). 1915. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14081915>
16. ГОСТ 31232-2004. Контейнеры для перевозки опасных грузов. Требования по эксплуатационной безопасности. Минск, 2005. 6 с.
17. Vatulia G., Falendysh A., Orel Y., Pavliuchenkov M. Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 301–307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.379>
18. Kitov Y., Verevicheva M., Vatulia G., Orel Y., Deryzemlia S. Design solutions for structures with optimal internal stress distribution. *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 133(1–3) 03001 DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713303001>

O.V. Fomin

State University of Infrastructure and Technologies
Kyrylivska str., 9, Kyiv, 04071, Ukraine
Tel.: +380 95 1429074, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

G.L. Vatulia

Ukrainian State University of Railway Transport
Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
Tel.: +380 50 3007770, E-mail: glebvatulya@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3823-7201>

A.O. Lovska

Ukrainian State University of Railway Transport
Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
Tel.: +380 66 3381946, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

EXAMINATION OF THE LOAD CAPACITY OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF THE FLATCARS WITH THE LOADING DEVICE IN THEIR COMPONENTS

The paper covers the results of research on the load-bearing structure of a flatcar with filler in its components. Investigations were carried out on the platform wagon model 13-401. Mathematical modeling was carried out to determine dynamic load-bearing capacity of the flat car load-bearing structure. The mathematical model, formed by Professor G. I. Bogomaz, was used for this purpose. However, this model was further improved by means of adaptation to determination of dynamic loading of a flatcar with a rod-and-tie damper in the backbone and main overhead beams. It is taken into account that the flat wagon is loaded with a tank container of the size 1CC. Gasoline was taken as the liquid cargo. The differential flow rates were determined by the Runge-Kutta method in the MathCad software package. The maximum acceleration is 35.2 m/s^2 and occurs at the moment of impact. This value of acceleration is 3.7% lower than the one obtained for the load-bearing structure without the damper. The value of acceleration, which acts on the tank container is close to 40 m/s^2 , that is not exceeding the allowable value. The acceleration taken into account when calculating the strength of the load-bearing structure of the flat wagon. The method of joined elements was used, which is implemented in the SolidWorks Simulation software package. The presence of the load-carrier in the load-carrying structure was modeled by making the "spring-dampener" links with the appropriate characteristics. The maximum equivalent tension in this case exerted in the areas of interaction between the kingpin beams with the backbone structure and is close to 300 MPa, which is lower by 13% compared with the standard design.

The conducted research will contribute to the reduction of damage of flat wagons and containers under operating conditions as well as to the development of recommendations on the design of innovative structures of transport vehicles. The conducted research will contribute to the creation of guidelines on the design of innovative structures of the vehicle fleet and increasing the efficiency of its functioning.

Key words: transport mechanics, flatcar, load-bearing structure, dynamic load capacity, strength.

REFERENCES

1. Apurba, Das, Gopal, Agarwal (2020). Compression, tension & lifting stability on a meter gauge flat Wagon: an experimental approach. Australian Journal of Mechanical Engineering, June. DOI: 10.1080/14484846.2020.1775007
2. Fedosov-Nikonov, D.V., Sulym, A.O., Ilchyshyn, V.V., Safronov, O.M., Kelrikh, M.B. (2020). Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 985, 012029. DOI: 10.1088/1757-899X/985/1/012029
3. Shatunov, O.V., Shvets, A.O. (2019). Study of dynamic indicators of flat wagon with load centre shift. *Nauka ta progres transportu. Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transport - Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport.*, 2 (80), 127 – 143.
4. Anisimov, P.S., Petrov, G.I. (2014). Prostranstvennye kolebaniya vagona-platformy [Spatial oscillations of the platform car]. *Mir transporta - The world of transport*, 2, 20 – 26 [in Russian]
5. Fomin O., Lovska A., Radkevych V., Horban A., Skliarenko I., Gurenkova O. (2019). The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 14, 21, 3747 – 3752.
6. Placzek, M., Wróbel, A., Buchacz, A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 161, 012107 DOI:10.1088/1757-899X/161/1/012107
7. Fomin, O.V., Lovska, A.O., Ribin, A.V. (2021). Doslidzhennya povzdovzhnoi navantazhenosti vagona-platformi z napovnyuvachem v nesuchij konstrukcii. [Investigation of the longitudinal load of a platform car with a filler in the load-bearing structure]. *Naukovi visti Dalivskogo universitetu - Scientific news of Dahl University.*, 21. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-17>
8. Bogomaz, G.I., Mekhov, D.D., Pilipchenko, O.P., Chernomashenceva, Yu.G. (1992). Nagruzhennost kontejnerov-cistem, raspolzhenykh na zheleznodorozhnoj platforme, pri udarah v avtoscepku. [Loading of tank-containers located on the railway platform when hitting an automatic coupler]. *Zb. nauk. prats "Dinamika ta keruvannya ruhom mekhanichnih sistem" - Coll. Science. works "Dynamics and control of the motion of mechanical systems"*. Kyiv: ANU, Institut tekhnichnoi mekhaniki, 87 – 95.
9. Fomin O., Lovska A. (2021). Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/7 (110), 6 – 15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
10. Vahony vantazhni. Zagalni vymohy do rozrahunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamohidnih). [FREIGHT WAGONS General requirements to calculation and designing of the new and modernized 1520 mm gauge wagons (non-self-propelled)] (2015). *DSTU 7598:2014*. Kyiv.
11. Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam. [Freight wagons. Requirements to structural strength and dynamic qualities] (2016). *GOST 33211-2014*. Moscow [in Russian].
12. Lovska A., Fomin O., Píšťek V., Kučera P. (2020). Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. Applied Sciences, 10, 5710. DOI:10.3390/app10165710
13. Fomin O., Lovska A. (2020). Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6, 7 (108), 21 – 29. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217162
14. Fomin O., Gerlici, J., Gorbunov, M., Vatulia, G., Lovska, A., Kravchenko, K. (2021). Research into the Strength of an Open Wagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. Materials, 14 (12), 3420. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>
15. Fomin, O., Gorbunov, M., Lovska, A., Gerlici, J., Kravchenko, K. (2021). Dynamics and strength of circular tube open wagons with aluminum foam filled center sills. Materials, 14(8), 1915. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14081915>
16. Trebovaniya po ekspluatacionnoj bezopasnosti. Kontejnery dlja perevozki opasnyh gruzov. [Containers for transportation of dangerous loads. Requirements for operational safety] (2005). *GOST 31232-2004*. Minsk [in Russian].
17. Vatulia, G., Falendysh, A., Orel, Y., Pavliuchenkov, M. (2017). Structural Improvements in a Tank Wagon with Modern Software Packages. Procedia Engineering, 187, 301–307. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.379
18. Kitov, Y., Verevicheva, M., Vatulia, G., Orel, Y., Deryzemlia, S. (2017). Design solutions for structures with optimal internal stress distribution. MATEC Web of Conferences, 133(1–3) 03001 DOI: 10.1051/mateconf/201713303001

О.В. Фомін*

Державний університет інфраструктури та технологій
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна
Телефон: +380 44 5915126, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

А.О. Ловська

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 57 7301035, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

А.М. Фоміна

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
пр. Центральний, 59-а, м. Северодонецьк, 93400, Україна
Телефон: +380 6452 40342, E-mail: anyta220885@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9810-8997>

А.О. Климаш

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
пр. Центральний, 59-а, м. Северодонецьк, 93400, Україна
Телефон: +380 6452 40342, E-mail: kland-80@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4055-1195>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-401 З КОМПОЗИТНИМИ СТІЙКАМИ ПІД ЧАС РУХУ СТИКОВОЮ НЕРІВНІСТЮ

В статті наведені результати досліджень вертикальної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи з композитними стійками для перевезення лісу в хлистах. Визначено основні показники динаміки несучої конструкції вагона-платформи під час руху у порожньому та завантаженому станах стиковою нерівністю з пружно-в'язкими властивостями: прискорення несучої конструкції вагона-платформи в центрі мас, прискорення в зонах спирання несучої конструкції на візки, сили, які виникають у ресорному комплекті, а також коефіцієнт вертикальної динаміки. Дослідження проведені на прикладі вагона-платформи моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонобудівного заводу. Враховано, що несуча конструкція вагона-платформи спирається на типові візки моделі 18-100. Розв'язок диференціальних рівнянь руху здійснений в програмному комплексі MathCad. При цьому застосований метод Рунге-Кутта.

© Фомін О.В., Ловська А.О., Фоміна А.М., Климаш А.О., 2022

При визначенні інерційних коефіцієнтів, які входять до системи диференціальних рівнянь, враховані номінальні геометричні параметри несучої конструкції вагона-платформи. Дані коефіцієнти визначалися шляхом побудови просторової моделі несучої конструкції вагона-платформи в програмному комплексі SolidWorks з послідовним застосуванням опцій, які дозволяють їх отримати.

Результати розрахунку показали, що досліджувані показники динаміки вагона-платформи під час руху у порожньому стані знаходяться в межах допустимих. Хід руху вагона-платформи оцінюється як "добрий". З урахуванням руху вагона-платформи у завантаженому стані досліджувані показники динаміки також знаходяться в межах допустимих, а хід руху вагона є "відмінним".

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу та підвищенню ефективності його функціонування.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-платформа, несуча конструкція, модернізація конструкції, динаміка.

А. В. Фомин*

Государственный университет инфраструктуры и технологий
ул. Кирилловская, 9, г. Киев, 04071, Украина
Телефон: +380 44 5915126, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

А. А. Ловская

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, м. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 57 7301035, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

А. Н. Фомина

Востоchnoукраинский национальный университет имени Владимира Даля
пр. Центральный 59-а, г. Северодонецк, 93404, Украина
Телефон: +380 6452 40342, E-mail: anyta220885@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9810-8997>

А. А. Климаш

Востоchnoукраинский национальный университет имени Владимира Даля
пр. Центральный 59-а, г. Северодонецк, 93404, Украина
Телефон: +380 6452 40342, E-mail: E-mail: kland-80@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4055-1195>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ МОДЕЛИ 13-401 С КОМПОЗИТНЫМИ СТОЙКАМИ ПРИ ДВИЖЕНИИ СТЫКОВОЙ НЕРОВНОСТЬЮ

В статье приведены результаты исследований вертикальной нагруженности несущей конструкции вагона-платформы с композитными стойками для перевозки леса в хлыстах. Определены основные показатели динамики несущей

конструкції вагона-платформи при русненні в порожньому та завантаженому станах стиковою нерівністю з еластичними властивостями: прискорення несучої конструкції вагона-платформи в центрі мас, прискорення в зонах опору несучої конструкції на тележки, сили, виникаючі в ресорному комплексі, а також коефіцієнт вертикальної динаміки. Дослідження проведені на прикладі вагона-платформи моделі 13-401 побудованої на Дніпродзержинському вагонобудівельному заводі. Враховано, що несуча конструкція вагона-платформи опирається на типові тележки моделі 18-100. Розв'язання диференціальних рівнянь руснення виконано в програмному комплексі MathCad. При цьому використано метод Рунге-Кутти.

При визначенні інерційних коефіцієнтів, входять до системи диференціальних рівнянь, враховано номінальні геометричні параметри несучої конструкції вагона-платформи. Дані коефіцієнти визначені шляхом побудови просторової моделі несучої конструкції вагона-платформи в програмному комплексі SolidWorks з наступним застосуванням опцій, що дозволяють їх отримати.

Результати розрахунку показали, що досліджувані показники динаміки вагона-платформи при русненні в порожньому стані знаходяться в межах допустимих. Хід руснення вагона-платформи оцінюється як "хороший". З урахуванням руснення вагона-платформи в завантаженому стані досліджувані показники динаміки також знаходяться в межах допустимих, а хід руснення вагона є "відмінним".

Виконані дослідження будуть сприяти створенню нових конструкцій подвижного складу та підвищенню ефективності його функціонування.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-платформа, несуча конструкція, модернізація конструкції, динаміка.

Вступ та постановка проблеми. Одним з найголовніших напрямків Національної транспортної стратегії України до 2030 року є забезпечення розвитку та ефективного функціонування рухомого складу. Однак важливо зазначити, що ступінь поповнення вагонного парку за останні роки є досить незначним. Тому для забезпечення своєчасної доставки вантажів можливим є ситуаційна адаптація існуючого парку вагонів до перевезень завданої номенклатури вантажів. Доцільним рішенням є проведення відповідних модернізацій вагонів-платформ, оскільки їх несуча конструкція представлена рамою. Однак модернізація їх конструкцій сприяє збільшенню піддресорної маси. Така обставина впливає на погіршення показників динаміки вагона у складі поїзда. Тому важливим є проведення досліджень щодо можливості ситуаційної адаптації вагонів з урахуванням мінімізації піддресорної маси шляхом використання прогресивних матеріалів зі зменшеною у порівнянні із сталлю масою.

Аналіз існуючих досліджень. Розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи проводиться у роботі [1]. До уваги прийнято два варіанти завантаження вагона-платформи, при яких отримано найбільші згинальні моменти у несучій конструкції. Визначення максимальних еквівалентних напружень у основних несучих елементах рами здійснено за методом скінчених елементів.

Питання щодо можливості застосування методів теоретичних і експериментальних досліджень міцності основних несучих елементів конструкцій довгобазних вагонів-платформ розглянуті у публікації [2]. В роботі висвітлено

результати розрахунку складових елементів конструкції на втому з використанням обчислювального комплексу, що реалізує метод скінченних елементів стандарту IBM-PC.

Разом з цим питання ситуаційної адаптації несучих конструкцій вагонів-платформ для підвищення ефективності їх експлуатації в даних роботах не висвітлюються.

Особливості проведення ходових міцнісних та динамічних випробувань вагона-платформи наведені у роботі [3]. Враховано, що вагон-платформа завантажений 20-ти та 40-футовими контейнерами. Визначені основні показники динаміки вагона-платформи.

Конструкційні особливості інноваційного вагона для інтермодальних перевезень з адаптованою завантажувальною платформою розглянуто у роботі [4]. Також авторами наведені результати розрахунків на міцність несучої конструкції вагона-платформи.

Важливо сказати, що в даних роботах не зазначено можливостей адаптації запропонованих конструкцій вагонів-платформ до перевезень завданої номенклатури вантажів в залежності від ринкового попиту.

В публікації [5] розглянуто питання модернізації універсальних вантажних вагонів. Наведені результати розрахунку міцності несучої конструкції вагона-платформ на підставі комплексу розрахункових і експериментальних досліджень.

Питання підвищення ефективності експлуатації вагонів-платформ в міжнародному сполученні висвітлені у публікації [6]. Проведено розрахунок динамічної навантаженості та міцності несучої конструкції вагона-платформи з урахуванням запропонованої модернізації.

Разом з цим запропоновані модернізації не дозволяють здійснювати перевезення довгомірних вантажів на вагонах-платформах.

В роботі [7] запропоновано модернізацію вагона-платформи шляхом постановки спеціальних надбудов на її несучу конструкцію. Це сприяє можливості перевезень на ній контейнерів, а також інших вантажів. Модернізована конструкція вагона-платформи розрахована на динамічну навантаженість, а також міцність. Однак при модернізації даної конструкції вагона-платформи не розглянуто можливість використання у якості її складових перспективних матеріалів для зменшення тари.

Мета. Метою статті є дослідження вертикальної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи моделі 13-401 з композитними стійками для перевезення лісу в хлистах під час руху стиковою нерівністю. Для досягнення зазначеної мети поставлені такі завдання:

- провести визначення основних показників динаміки модернізованої конструкції вагона-платформи під час руху у порожньому стані стиковою нерівністю;
- провести визначення основних показників динаміки модернізованої конструкції вагона-платформи під час руху у завантаженому стані стиковою нерівністю.

Матеріали та результати досліджень. З метою ситуаційної адаптації універсальних конструкцій вагонів-платформ до перевезень лісу у хлистах пропонується їх модернізація, яка полягає у монтажі вертикальних стійок на основні повздовжні балки рами (рис. 1). Особливістю стійок є те, що вони виготовлені з композитного матеріалу та встановлені у металеві стакани, що розміщені на поворотних секторах. Дані сектори мають можливість обертатися відносно вертикальної осі для зручності завантаження вагона-платформи. З урахуванням запропонованої модернізації маса несучої конструкції вагона-платформи збільшується на 6,5% у порівнянні з прото-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

типом. Однак при цьому стає можливим зменшити тару модернізованої конструкції вагона-платформи на 4,6% у порівнянні з використанням сталевих стійок.

Дослідження проведені на прикладі несучої конструкції вагона-платформи моделі 13-401 побудови Дніпродзержинського вагонубудівного заводу. Основні технічні характеристики вагона-платформи наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. – Основні технічні характеристики вагона-платформи моделі 13-401

Тип вагона	Розмірність	Значення
Вантажопідйомність	т	70,0
Тара вагона	т	20,92
Швидкість конструкційна	км/год	120
Габарит	–	0 – ВМ (01 – Т)
База вагона	мм	9720
Довжина за осями зчеплення автозчепів	мм	14620
Висота від рівня верха головки рейки до рівня підлоги (максимальна)	мм	1310
Довжина кузова всередині	мм	13300
Ширина кузова всередині	мм	2770

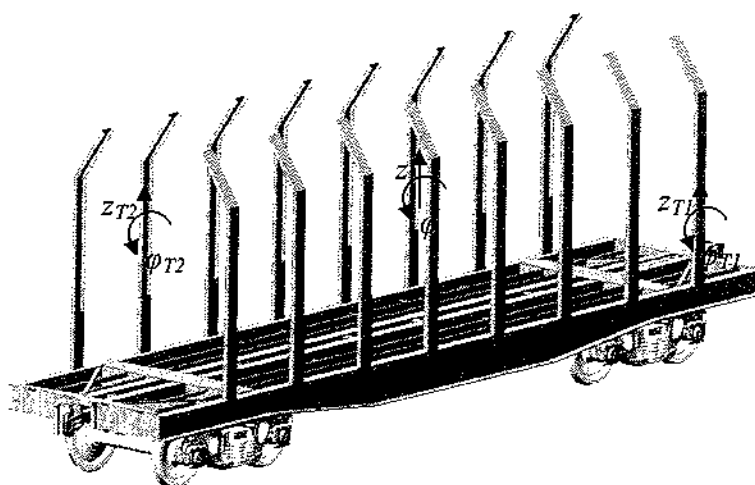


Рис. 1. Просторова модель модернізованого вагона-платформи

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для визначення основних показників динаміки несучої конструкції вагона-платформи з композитними стійками для перевезення лісу в хлистах проведено математичне моделювання. При цьому до уваги прийнято коливання підсакакування та галопування. На першопочатковому етапі дослідження розглянуто рух вагона-платформи у порожньому стані стиковою нерівністю [8, 9]. Враховано, що колія має пружно-в'язкі властивості.

Вагон-платформа розглянутий як система з трьох твердих тіл: рами та двох візків моделі 18-100 з ресорними комплектами, які мають жорсткість і коефіцієнт відносного тертя (рис. 2).

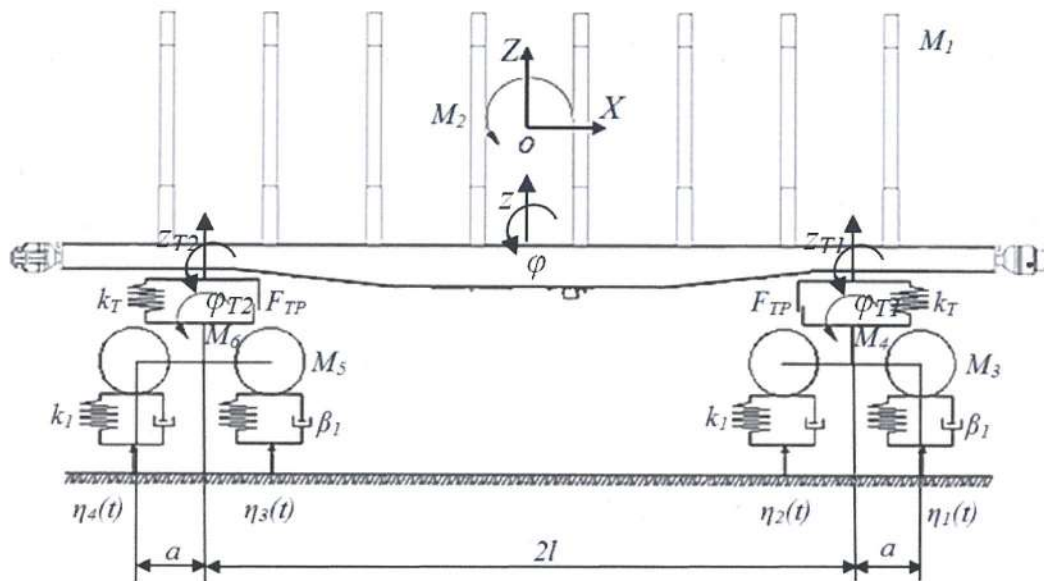


Рис. 2. Розрахункова схема вагона-платформи

Прийнято припущення, що на систему накладені такі зв'язки:

- колісні пари рухаються без проковзування;
- через відсутність пружних елементів в буксовому підвішуванні підстрибування візків визначаються підстрибуванням колісних пар.

Рівняння руху розрахункової моделі мають вигляд [8]:

$$M_1 \cdot \frac{d^2}{dt^2} z + C_{1,1} \cdot z + C_{1,3} \cdot z_{T_1} + C_{1,5} \cdot z_{T_2} = -F_{TP} \cdot \Delta, \quad (1)$$

$$M_2 \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi + C_{2,2} \cdot \varphi + C_{2,3} \cdot \varphi_{T_1} + C_{2,5} \cdot \varphi_{T_2} = F_{TP} \cdot l \cdot \Delta, \quad (2)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\begin{aligned}
 M_3 \cdot \frac{d^2}{dt^2} z_{T1} + C_{3,1} \cdot z + C_{3,2} \cdot \varphi + C_{3,3} \cdot z_{T1} + B_{3,3} \cdot \frac{d}{dt} z_{T1} = \\
 = F_{TP} \cdot \Delta_1 + k_1 (\eta_1 + \eta_2) + \beta_1 \left(\frac{d}{dt} \eta_1 + \frac{d}{dt} \eta_2 \right),
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$M_4 \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_{T1} + C_{4,4} \cdot \varphi_{T1} + B_{4,4} \cdot \frac{d}{dt} \varphi_{T1} = -k_1 (\eta_1 - \eta_2) - \beta_1 \cdot a \cdot \left(\frac{d}{dt} \eta_1 - \frac{d}{dt} \eta_2 \right), \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 M_5 \cdot \frac{d^2}{dt^2} z_{T2} + C_{5,1} \cdot z + C_{5,2} \cdot \varphi + C_{5,5} \cdot z_{T2} + B_{5,5} \cdot \frac{d}{dt} z_{T2} = \\
 = F_{TP} \cdot \Delta_2 + k_1 (\eta_3 + \eta_4) + \beta_1 \left(\frac{d}{dt} \eta_3 + \frac{d}{dt} \eta_4 \right),
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$M_6 \cdot \frac{d^2}{dt^2} \varphi_{T2} + C_{6,6} \cdot \varphi_{T2} + B_{6,6} \cdot \frac{d}{dt} \varphi_{T2} = -k_1 \cdot a \cdot (\eta_3 - \eta_4) - \beta_1 \cdot a \cdot \left(\frac{d}{dt} \eta_3 - \frac{d}{dt} \eta_4 \right), \tag{6}$$

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \left(\text{sign} \left(\frac{d}{dt} \delta_1 \right) + \text{sign} \left(\frac{d}{dt} \delta_2 \right) \right), \tag{7}$$

де M_1, M_2 – відповідно маса та момент інерції несучої конструкції вагона-платформи при коливаннях підсакування та галопування;

M_3, M_4 – відповідно маса та момент інерції першого за ходом руху візка при коливаннях підсакування та галопування;

M_5, M_6 – відповідно маса та момент інерції другого за ходом руху візка при коливаннях підсакування та галопування;

C_{ij} – характеристика пружності елементів коливальної системи;

B_{ij} – функція розсіювання;

a – половина бази візка;

z, φ – узагальнені координати, що відповідають поступальному переміщенню відносно вертикальної осі та кутовому переміщенню навколо вертикальної осі несучої конструкції вагона-платформи;

z_{T1}, φ_{T1} – узагальнені координати, що відповідають поступальному переміщенню відносно вертикальної осі та кутовому переміщенню навколо вертикальної осі першого за ходом руху візка;

z_{T2}, φ_{T2} – узагальнені координати, що відповідають поступальному переміщенню відносно вертикальної осі та кутовому переміщенню навколо вертикальної осі другого за ходом руху візка;

k_i – жорсткість ресорного підвішування;

β_i – коефіцієнт демпфірування;

F_{TP} – сила абсолютного тертя у ресорному комплекті;

η_i – нерівність колії;

δ_i – деформації пружних елементів ресорного підвішування.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Під час визначення інерційних коефіцієнтів, які входять до системи диференціальних рівнянь, враховані номінальні геометричні параметри несучої конструкції вагона-платформи. Дані коефіцієнти визначалися шляхом побудови просторової моделі несучої конструкції вагона-платформи в програмному комплексі SolidWorks з послідовним застосуванням опцій, які дозволяють їх отримати.

Прийнято, що амплітуда стикової нерівності дорівнює 0,01 м, довжина – 3 м, а відстань між нерівностями – 25 м. Значення коефіцієнтів відносного тертя прийнято рівним 0,1.

При проведенні розрахунків значення жорсткості колії прийнято рівним 100000 кН/м, а коефіцієнт демпфірування – 200 кН·с/м. Розрахунок динамічних показників вагона-платформи здійснено для швидкості руху 27,8 м/с.

Транспортне запізнення визначалося відстанню між колісними парами та швидкістю руху вагона. Тож для першої колісної пари воно дорівнює 0, другої – 0,067 с, третьої – 0,31 с, четвертої – 0,38 с.

Розв'язок диференціальних рівнянь (1)–(7) здійснений в програмному комплексі MathCad з урахуванням таких початкових умов: початкове переміщення несучої конструкції вагона-платформи дорівнює 0,004 м, а візків – 0,003 м. Початкова швидкість прийнята рівною 0. При цьому застосований метод Рунге-Кутта [10–12].

На рисунках 3–6 наведено основні показники динаміки вагона-платформи під час руху в порожньому стані. Графічна залежність, зображена на рис. 3, визначена шляхом подвійного диференціювання переміщення з несучої конструкції вагона-платформи.

Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в зонах спирання на візки визначалося: $ddz - ldd\varphi$.

Для визначення сил в ресорному підвішуванні вагона-платформи використано залежність: $k_T(z - l\varphi - z_{TI}) + F_{TP} \text{sign}(dz - l\cdot d\varphi - dz_{TI})$.

Коефіцієнт динаміки розраховано як відношення сили в ресорному підвішуванні до статичного навантаження на візок.

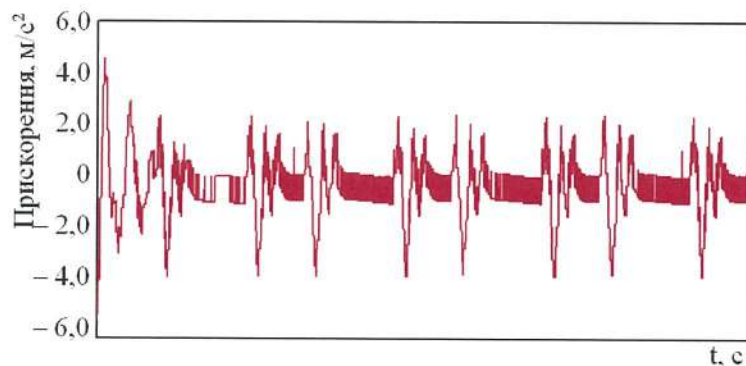


Рис. 3. Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в центрі мас під час руху у порожньому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

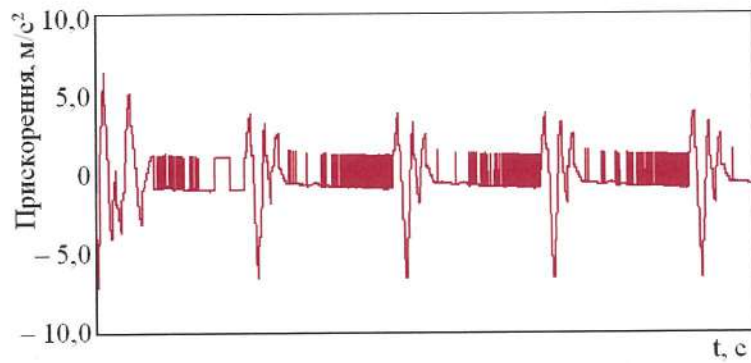


Рис. 4. Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в зонах спирання на візки під час руху у порожньому стані

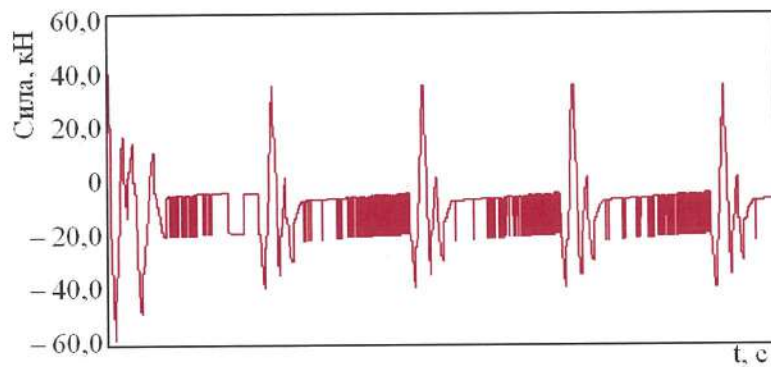


Рис. 5. Сили, що виникають в ресорному підвішуванні вагона-платформи під час руху у порожньому стані

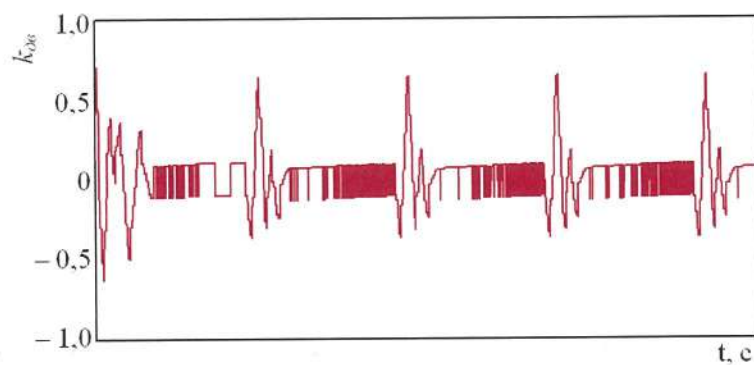


Рис. 6. Коефіцієнт динаміки обресореної конструкції вагона-платформи під час руху у порожньому стані

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Максимальне прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона-платформи в центрі мас дорівнює близько 0,54g (рис. 3), що відповідає “доброму” ходу вагона під час його руху у порожньому стані. В зонах спирання несучої конструкції вагона-платформи на візки прискорення склали близько 0,65g (рис. 4). Максимальна величина сили, що виникає в ресорному підвішуванні вагона-платформи дорівнює майже 60 кН (рис. 5). При цьому коефіцієнт динаміки склав близько 0,6 (рис. 6).

Аналізуючи графічні залежності, наведені на рисунках 3–6 можна зробити висновок, що всі розглянуті показники динаміки знаходяться в межах допустимих [13, 14], (рис. 7).

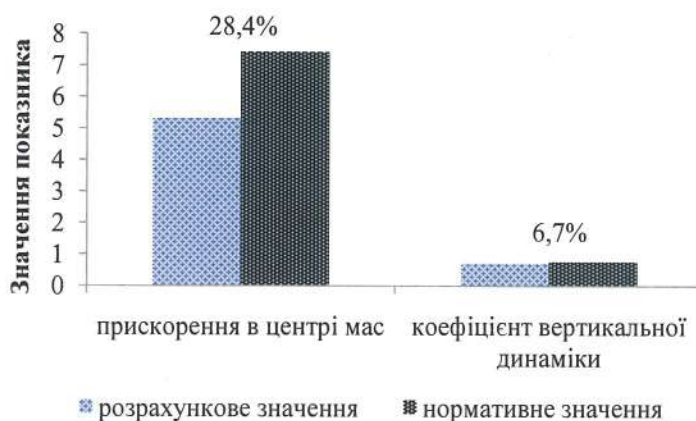


Рис. 7. Порівняльний аналіз показників динаміки вагона-платформи

На наступному етапі проведено визначення показників динаміки вагона-платформи за умови руху у завантаженому стані. Враховано, що використовується повна вантажопідйомність вагона-платформи. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.

Таблиця 2. – Основні показники динаміки вагона-платформи під час руху у завантаженому стані

Назва показника	Чисельне значення
Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в центрі мас, m/s^2	1,7
Прискорення несучої конструкції вагона-платформи в зонах спирання на візки, m/s^2	1,9
Сили, що виникають в ресорному підвішуванні, кН	80,2
Коефіцієнт динаміки обресореної конструкції вагона-платформи	0,2

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

З урахуванням даних, наведених у таблиці 2, можна зробити висновок, що показники динаміки вагона-платформи під час руху у завантаженому стані знаходяться в межах допустимих (рис. 8). Хід руху вагона оцінюється як “відмінний”.

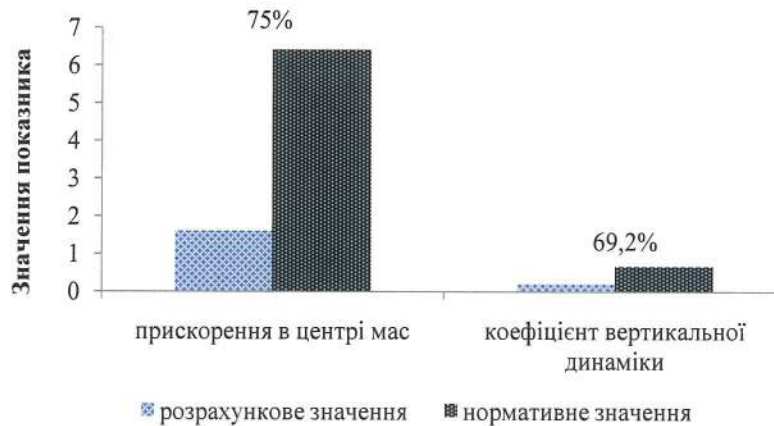


Рис. 8. Порівняльний аналіз показників динаміки вагона-платформи

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій рухомого складу та підвищенню ефективності його функціонування.

Висновки.

1. Проведено визначення основних показників динаміки модернізованої конструкції вагона-платформи під час руху у порожньому стані стиковою нерівністю. Встановлено, що всі розглянуті показники динаміки знаходяться в межах допустимих. Максимальні прискорення, які виникають в центрі мас несучої конструкції вагона-платформи склали $5,3 \text{ м/с}^2$ ($0,54g$), а коефіцієнт динаміки – $0,6$. Отже хід руху вагона оцінюється як “добрий”.

2. Проведено визначення основних показників динаміки модернізованої конструкції вагона-платформи під час руху у завантаженому стані стиковою нерівністю. Результати розрахунків показали, що досліджувані показники динаміки знаходяться в межах допустимих. Максимальні прискорення, які виникають в центрі мас несучої конструкції вагона-платформи склали $1,7 \text{ м/с}^2$ ($0,17g$), а коефіцієнт динаміки – $0,2$. Отже хід руху вагона оцінюється як “відмінний”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кельріх М. Б., Федосов-Ніконов Д. В. Дослідження на міцність конструкції довгобазної платформи. Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля. 2016. № 1 (225). С. 90 – 94.
2. Донченко А. В., Федосов-Ніконов Д. В. Методика розрахунково-експериментальних досліджень конструкції довгобазної платформи. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія: Транспортні системи і технології. 2016. Вип. 28. С. 53 – 60.
3. Челурной А. Д., Литвиненко А. В., Шейченко Р. И., Граборов Р. В., Чубань М. А. Ходовые прочностные и динамические испытания вагона-платформы. Вісник НТУ “ХПІ”. 2015. Вип. 31 (1140). С. 111 – 128.

4. Šťastniak P., Kurčík P., Pavlík A. Design of a new railway wagon for intermodal transport with the adaptable loading platform. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 235(2): 00030.
5. Reidemeister O.H., Kalashnyk V.O., Shygunov O.A. Modernization as a way to improve the use of universal cars. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2016. № 2 (62). С. 148 – 156.
6. Panchenko S., Fomin O., Vatulia G., Ustenko O., Lovska A. Determining the load on the long-based structure of the platform car with elastic elements in longitudinal beams. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. №1/7 (109). P. 6 – 13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224638>
7. Lovska A., Fomin O., Pištěk V., Kučera P. Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. Applied Sciences. 2020. №10. 5710. doi:10.3390/app10165710
8. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.
9. Fomin O., Lovska A. Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6. Issue 7 (108). P. 21 – 29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217162>
10. Fomin O., Gerlici J., Gorbunov M., Vatulia G., Lovska A., Kravchenko K. Research into the Strength of an Open Wagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. Materials. 2021. Vol. 14 (12). 3420. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>
11. Fomin O., Gorbunov M., Lovska A., Gerlici J., Kravchenko K. Dynamics and strength of circular tube open wagons with aluminum foam filled center sills. Materials. 2021. Vol. 14(8). 1915. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14081915>
12. Fomin O., Lovska A. Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. №2/7 (110). P. 6 – 15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
13. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.
14. ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. Москва, 2016. 54 с.

O.V. Fomin

State University of Infrastructure and Technologies
Kyrylivska str., 9, Kyiv, 04071, Ukraine
Tel.: +380 44 5915126, E-mail: fomin1985@ukr.net
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

A.O. Lovska

Ukrainian State University of Railway Transport
Feuerbakh sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
Tel.: +380 57 7301035, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

A.M. Fomina

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University.
Tsentralniy ave. 59-A, Severodonetsk, 93404, Ukraine,
Tel.: +380 6452 40342, E-mail: anyta220885@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9810-8997>

A.O. Klymash

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University.
Tsentralniy ave. 59-A, Severodonetsk, 93404, Ukraine,
Tel.: +380 6452 40342, E-mail: E-mail: kland-80@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4055-1195>

STUDY OF THE VERTICAL LOADING OF THE BEARING STRUCTURE OF A PLATFORM CAR MODEL 13-401 WITH COMPOSITE RACKS WHEN MOVING BY A JOINT ROUGHNESS

The article contains the results of vertical load-car load-carrying structure examination with composite struts for timber transportation in solid wood. The main indices of load-bearing structure dynamics of flat wagon at empty empty load with structural nerves with string-composite properties are determined: acceleration of the load-bearing structure of the flat car in the center of masses, acceleration in the areas of spinning of the load-bearing structure on the ties, the forces that occur in the reshoring set, as well as the coefficient of vertical dynamism. Investigations were carried out on the application of the flatcar model 13-401 by Dniprodzerzhynskiy Carriage Works. It is taken into account that the load-bearing structure of the flat car is based on the type of bogies of model 18-100.

Differential equations of motion were developed in MathCad. The Runge-Kutta method was used. When determining the inertial coefficients, which are included in the system of differential equations, the nominal geometrical parameters of the load-bearing structure of the flatcar were taken into account. These values were determined by creating a simple model of the load-bearing structure of the flat car in the SolidWorks software with the subsequent use of options, which allow to obtain them.

The results of the calculation showed that the investigated parameters of the platform-car dynamics in empty running are within the permissible limits. The running behavior of the flat car is estimated as "good". Taking into account the flat car running in the loaded condition the investigated indices of dynamics are also within the permissible limits, and the running behavior of the car is "excellent".

The conducted research will contribute to the creation of guidelines for designing innovative structures of the rolling stock and increasing the efficiency of its functioning.

Key words: transport mechanics, flatcar, load-bearing structure, design modernization, dynamics.

REFERENCES

1. Kelrih, M.B., Fedosov-Nikonov, D.V. (2016). Doslidzhennia na mitsnist konstrukcii dovhobaznoi platformy. [Research on the strength of the long-base platform structure]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho Nacionalnoho universitetu imeni Volodimira Dalya - Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 1 (225), pp. 90 – 94 [in Ukrainian]
2. Donchenko, A.V., Fedosov-Nikonov, D.V. (2016). Metodika rozrahunkovo-eksperimental'nih doslidzen' konstrukcii dovgobaznoi platformi [Methods of computational and experimental studies of the design of long-base platform]. *Zbirnik naukovih prats Derzhavnoho ekonomiko-tehnologichnoho universitetu transportu. Seriya: Transportni sistemi i tekhnologii - Collection of scientific works of the State Economic and Technological University of Transport. Series: Transport systems and technologies*, 28, pp. 53 – 60 [in Ukrainian]
3. Chepurnoj, A.D., Litvinenko, A.V., Shejchenko, R.I., Graborov, R.V., Chuban', M. A. (2015). Hodovyie prochnostnye i dinamicheskie ispytaniya vagona-platformny [Running strength and dynamic tests of the platform car]. *Visnyk NTU "HPI" - Bulletin of NTU "KhPI"*, 31 (1140), pp. 111 – 128.
4. Štastniak, P., Kurčik, P., Pavlík, A. (2018). Design of a new railway wagon for intermodal transport with the adaptable loading platform. *MATEC Web of Conferences*, 235(2): 00030.
5. Reidemeister O.H., Kalashnyk V.O., Shygunov O.A. (2016). Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Nauka ta progres transportu. Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu*, 2 (62), pp. 148 – 156.

6. Panchenko, S., Fomin, O., Vatulia, G., Ustenko, O., Lovska, A. (2021). Determining the load on the long-based structure of the platform car with elastic elements in longitudinal beams. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/7 (10), pp. 6 – 13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224638>
7. Lovska, A., Fomin, O., Pištěk, V., Kučera, P. (2020). Dynamic load modelling within combined transport trains during transportation on a railway ferry. *Applied Sciences*, 10, 5710. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10165710>
8. Domin, Yu.V., Cherniak, H.Yu. (2003). *Osnovy dynamiky vagoniv* [Fundamentals of car dynamics: textbook]. Kyiv: KUETT, 269.
9. Fomin, O., Lovska, A. (2020). Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 7 (108), 21 – 29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217162>
10. Fomin, O., Gerlici, J., Gorbunov, M., Vatulia, G., Lovska, A., Kravchenko, K. (2021). Research into the Strength of an OpenWagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. *Materials*, 14 (12), 3420. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>
11. Fomin, O., Gorbunov, M., Lovska, A., Gerlici, J., Kravchenko, K. (2021). Dynamics and strength of circular tube open wagons with aluminum foam filled center sills. *Materials*, 14(8), 1915. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14081915>
12. Fomin, O., Lovska, A. (2021). Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/7 (110), pp. 6 – 15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
13. DSTU 7598:2014. Freight Wagons. General requirements to calculation and designing of the new and modernized 1520 mm gauge wagons (non-self-propelled) (2015). Kyiv, 162.
14. GOST 33211-2014. Freight wagons. Requirements to structural strength and dynamic qualities. Moscow, 54.

Ю.Я. Водянніков*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60324, E-mail: vodyann@i.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

Д.В. Федосов-Ніконов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 61384, +380 68 0291614, E-mail: dima.nikonov@outlook.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0781-8182>

А.М. Стринжа

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 61384, E-mail: lab4.zukrniiv@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3743-7006>

В.М. Полулях

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 61384, E-mail: lab4.zukrniiv@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2259-7157>

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОДИНИЦЬ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Наведено основні положення і розрахункові залежності для визначення показників надійності одиниць рухомого складу залізниць. Стверджується, що звичайний спосіб проектування, заснований на застосуванні таких довільних коефіцієнтів, як коефіцієнт безпеки та запас міцності, не дозволяє судити про ймовірність відмови елемента. Тому поширена думка про те, що відмову елемента можна повністю виключити, використовуючи коефіцієнт запасу міцності, що перевищує деяке певне значення, не може бути достатньо обґрунтованим.

© Водянніков Ю.Я., Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М.,
Полулях В.М., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Показано, що основною проблемою оцінювання надійності вагонів є відсутність достатньо обґрунтованих критеріїв, тому проблема надійності – комплексна проблема й вирішувати її необхідно на всіх етапах життєвого циклу і різними засобами.

На підставі припущення, що впливи на вагон з'являються випадково і незалежно один від одного, а ймовірність появи пошкодження в досить малому інтервалі часу пропорційна довжині цього інтервалу, наведено формули для визначення емпіричного розподілу ймовірності відмови в залежності від терміну служби вагона.

У якості теоретичного закону запропоновано розподіл Вейбулла, такий вибір обумовлений тим, що окремими випадками розподілу Вейбулла є експонентний та нормальний закони. Параметри розподілу Вейбулла визначаються методом максимальної правдоподібності з урахуванням емпіричного розподілу. В якості критерію оцінки близькості емпіричного і теоретичного законів розподілу використовується коефіцієнт детермінації. Наведено формули для визначення показників надійності: ймовірність роботи елемента у справному стані, інтенсивність пошкоджень, гамма відсотковий ресурс, параметр потоку пошкоджень за період, середнє напрацювання на пошкодження.

На основі методичних положень розроблено алгоритм визначення показників надійності на ЕОМ, а також програмний комплекс, що складається з окремих взаємозалежних модулів.

Ключові слова: алгоритм, вагон, діагностика, модуль, надійність, рухомий склад.

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.

Телефон: +380 536(6) 61324, E-mail: vodyann@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

Д.В. Федосов-Никонов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчук, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +380 536(6) 61384, +380 68 0291614, E-mail: dima.nikonov@outlook.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0781-8182>

А.М. Стринжа

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.

Телефон: +380 536(6) 61384, E-mail: lab4.zukrniiv@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3743-7006>

В.М. Полулях

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.

Телефон: +38 0536(6) 61384, E-mail: lab4.zukrniiv@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2259-7157>

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЕДИНИЦ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведены основные положения и расчетные зависимости для определения показателей надежности единиц подвижного состава железных дорог. Утверждается, что обычный способ проектирования, основанный на применении таких произвольных коэффициентов как коэффициент безопасности и запас прочности, не позволяет судить о вероятности отказа элемента. Поэтому расхожее мнение о том, что отказ элемента можно полностью исключить, используя коэффициент запаса прочности, превышающий некоторое определенное значение, не может быть достаточно обоснованным.

Показано, что основной проблемой оценки надежности вагонов является отсутствие достаточно обоснованных критериев, поэтому проблема надежности – комплексная проблема и решать ее необходимо на всех этапах жизненного цикла и разными средствами. На основании предположения, что воздействия на вагон появляются случайно и независимо друг от друга, а вероятность появления повреждения в достаточно малом интервале времени пропорциональна длине этого интервала, приведены формулы определения эмпирического распределения вероятности отказа в зависимости от срока службы вагона.

В качестве теоретического закона предложено распределение Вейбулла, такой выбор обусловлен тем, что частными случаями распределения Вейбулла являются экспоненциальный и нормальный законы. Параметры распределения Вейбулла определяются методом максимального правдоподобия с учетом эмпирического распределения. В качестве критерия оценки близости эмпирического и теоретического законов распределения используется коэффициент детерминации. Представлены формулы для определения показателей надежности: вероятность работы элемента в исправном состоянии, интенсивность повреждений, гамма процентный ресурс, параметр потока повреждений за период, средняя наработка на повреждение.

На основе методических положений разработан алгоритм определения показателей надежности на ЭВМ, а также программный комплекс, состоящий из отдельных взаимосвязанных модулей.

Ключевые слова: алгоритм, вагон, диагностика, модуль, надежность, подвижной состав.

Вступ. Звичайний спосіб проектування, заснований на застосуванні таких довільних коефіцієнтів, як коефіцієнт безпеки та запас міцності, не дозволяє судити про ймовірність відмови елемента. Тому поширена думка про те, що відмову елемента можна повністю виключити, використовуючи коефіцієнт запасу міцності, що перевищує деяке певне значення, не може бути достатньо обґрунтованим. Насправді, при одному і тому ж коефіцієнті запасу ймовірність відмови може коливатися в досить широких межах (прикладом може служити бічна рама візка вантажного вагона).

Надійністю називається властивість технічного засобу виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, збереження і транспортування [1, 2].

Головною метою розрахунку надійності виробів є оптимізація схемних і конструктивних вирішень і параметрів, вдосконалення режимів експлуатації й організації технічного обслуговування і ремонту.

Надійність включає в себе такі основні показники [3]: безвідмовність, довговічність, збереженість та ремонтпридатність.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. Особливістю проблеми надійності є її зв'язок з усіма етапами "життєвого циклу" рухомого складу залізниць (РСЗ) від зародження ідеї створення до утилізації: під час розрахунків і проектуванні виробу його надійність закладається в проект, при виготовленні надійність забезпечується, під час експлуатації – реалізується.

Тому проблема надійності – комплексна проблема й вирішувати її необхідно на всіх етапах життєвого циклу і різними засобами. Оцінка надійності системи може здійснюватися [4, 5, 6]:

- аналітичними методами;
- методами ймовірнісного моделювання;
- комбінованими методами, тобто шляхом спільного використання аналітичних методів і методів моделювання при розв'язанні однієї задачі.

Під час оцінювання надійності системи аналітичними методами результати розв'язку отримують у вигляді виразів, що пов'язують показники надійності системи з чинниками, які їх визначають, і дозволяють не тільки здійснювати оцінювання показників, але й досліджувати вплив на ці показники різних чинників. Це є незаперечною перевагою аналітичних методів. Методи ймовірнісного моделювання успішно застосовують для аналізу надійності систем практично необмеженої складності за будь-якого закону розподілу випадкових величин. Ці методи дозволяють врахувати значну кількість різних реально діючих чинників. Результатом ймовірнісного моделювання є кількісна оцінка, а не математичні залежності, які застосовують під час використання аналітичних методів. Для виявлення залежності показників надійності системи від різних чинників, які на неї впливають, необхідно застосовувати багаторазове моделювання функціонування системи з визначеною варіацією параметрів [5].

Під час використання комбінованих методів задача проектного оцінювання надійності складної системи поділяється на декілька підзадач, кожна з яких розв'язують тим методом (аналітичним або моделюванням), який найбільш ефективний щодо специфічних особливостей даної конкретної задачі. Завдяки цьому під час розв'язання складних задач комбіновані методи завжди ефективніші за аналітичні методи або методи моделювання.

В цій статті пропонується детально розглянути питання визначення показників надійності одиниць рухомого складу залізниць.

Мета статті – розроблення алгоритму та методологічних основ визначення показників надійності одиниць рухомого складу за результатами технічного діагностування в експлуатації.

Визначення параметрів надійності рухомого складу здійснюється на основі результатів технічного діагностування. Вирішення завдань технічної діагностики пов'язане з прогнозуванням надійності найближчим часом експлуатації (до наступно-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

го технічного огляду). Тут рішення ґрунтуються на моделях відмов, що вивчаються в теорії надійності [7].

Надійність є функцією багатьох факторів, більшість з яких є виладковими. Звідси ясно, що з оцінки надійності об'єкта потрібна велика кількість критеріїв. Критерій надійності – це ознака, яким оцінюється надійність об'єкта.

Кількісними характеристиками надійності можуть бути [1]:

- імовірність безвідмовної роботи;
- середній час безвідмовної роботи;
- інтенсивність відмов;
- частота відмов;
- різні коефіцієнти надійності.

Вирішення поставленого завдання вимагає розробки методики, яка передбачає проведення низки досліджень, що включають збирання та первинну обробку інформації про технічний стан одиниць рухомого складу, обробку та аналіз отриманої інформації, визначення показників надійності, дослідження залежності корозійної стійкості матеріалу від часу експлуатації, оцінку залишкового ресурсу конструкції. В подальшому запропоновано розробити методику на прикладі вантажного вагона.

При проведенні обстеження та подальшому аналізі технічного стану конструктивна схема вагона розчленовується на чотири основні структурні системи:

- рама та кузов з облаштуваннями, укріпленими на ньому;
- автозчепне обладнання;
- гальмівна система;
- ходова частина.

Перед проведенням обстеження технічного стану вагонів кожна система розчленовується на окремі вузли та деталі (надалі елементи). У теорії надійності під елементом зазвичай розуміють таку частину системи, надійність якої в процесі функціонування може бути розглянута незалежно від надійності тих, що входять в цю частину простіших складових. У процесі обстеження фіксуються всі види виявлених несправностей чи ушкоджень.

В процесі проведення дослідження у якості критерію відмови або граничного стану приймається такий технічний стан елементів вагонів в експлуатації, при якому забороняється постановка та проходження вагонів у поїздах, у тому числі в поїздах з порожніх вагонів [8].

Інформація, яка зібрана у процесі обстеження вагонів та відображена у картах обстеження, проходить первинну якісну та подальшу кількісну обробку, а також аналізується для виявлення причин появи несправностей.

Первинна обробка включає відсів явно недостовірного матеріалу, оцінку повноти та однорідності інформації та її ранжування. Ранжування матеріалів обстеження полягає у систематизації первинної інформації у порядку зростання терміну експлуатації на момент проведення обстеження (термін експлуатації - різниця між датою проведення обстежень та датою випуску вагона, або дати останнього ремонту).

У розрахунках надійності вагонів враховуються такі основні види відмов та відповідні їм моделі [8]:

- конструктивні (втома, закономірний знос, вплив неврахованих розрахунком факторів);
- технологічні (наявність прихованих дефектів, розсіювання характеристик якості виготовлення);

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- експлуатаційні (порушення правил експлуатації, обслуговування та ремонту, у тому числі маневрових робіт).

Під час виникнення в одній конструктивній зоні елемента з різними за своєю фізичною природою ушкоджень, ці ушкодження враховуються як окремі, для визначення надійності елемента в цілому пошкодження сумуються.

На підставі досвіду експлуатації вагонів і спостереження за появою пошкоджень вводиться припущення, що впливи з'являються випадково і незалежно один від одного, а ймовірність появи пошкодження в досить малому інтервалі часу пропорційна довжині цього інтервалу [9]. У зв'язку з цим, первинна обробка результатів діагностування може бути представлена у вигляді обчислювального процесу, що полягає у визначенні:

✓ частоти появи несправності в i -му інтервалі

$$q_i = \frac{n_i}{N_i} \quad (1)$$

✓ накопиченої інтервальної частоти несправності в i -му інтервалі

$$r_i = \sum_{k=1}^i q_k = \sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k} \quad (2)$$

✓ емпіричній вірогідності ушкодження за i -ий термін служби

$$Q_i^* = 1 - \exp(-r_i) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right) \quad (3)$$

У якості теоретичного закону розподілу приймається розподіл Вейбулла [1]:

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^\beta\right), \quad (4)$$

де t – час напрацювання;

Θ, β – параметри розподілу.

Такий вибір обумовлений тим, що розподіл Вейбулла використовують для опису закономірностей відмов під дією зносу та старіння, відмов послідовно з'єднаних та дубльованих елементів. Особливо часто розподіл Вейбулла застосовують тоді, коли потік відмов нестационарний та інтенсивність відмов змінюється з часом. Розподіл Вейбулла двопараметричний. Параметр Θ називається параметром масштабу або ресурсною характеристикою, параметр β – називається параметром форми або кутовим коефіцієнтом розподілу Вейбулла. За допомогою параметра β зручно підбирати аналітичний опис для різних експериментальних залежностей. При $\beta=1$ розподіл Вейбулла стає експонентним. При значеннях параметра $\beta < 1$ інтенсивність відмов монотонно зменшується з часом, а при $\beta > 1$ монотонно зростає. Якщо коефіцієнт β укладено в межах 3,5-4, то розподіл Вейбулла в ряді випадків можна апроксимувати нормальним розподілом [9]. Підбираючи значення Θ і β , можна досягти наближення аналітичної функції розподілу до дослідних даних.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Цей розподіл характеризується такими співвідношеннями для визначення основних показників надійності [9]:

– ймовірність роботи елемента у справному стані

$$P(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\Theta}\right)^\beta\right) \quad (5)$$

– інтенсивність пошкоджень

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\Theta} \left(\frac{t}{\Theta}\right)^{\beta-1} \quad (6)$$

– гама відсотковий ресурс

$$T_j = \Theta \sqrt{\ln \frac{\gamma}{100}} \quad (7)$$

– параметр потоку пошкоджень за період $\Delta t = t_i - t_{i-1}$

$$w(\Delta t) = \frac{1}{\Theta} \left(\exp\left(-\left(\frac{t_i}{\Theta}\right)^\beta\right) - \exp\left(-\left(\frac{t_{i-1}}{\Theta}\right)^\beta\right) \right) \quad (8)$$

– середнє напрацювання на пошкодження

$$t_{cp} = \Theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (9)$$

де $\Gamma(x)$ – гамма-функція, що визначається за формулою [4]:

$$\frac{1}{\Gamma(x)} = x \exp(cx) \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 + \frac{x}{k}\right) \exp\left(-\frac{x}{k}\right), \quad (10)$$

де c – постійна Ейлера-Маскероні.

Параметри розподілу Θ і β визначаються з використанням методу максимальної правдоподібності [10, 11]. З цією метою формула для розподілу Вейбулла (1) після перестановки членів і подвійного логарифмування перетвориться до виду [12]:

$$\ln(x) = \frac{1}{\Theta} \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F(x)}\right)\right) + \ln(\Theta), \quad (11)$$

Вводячи у формулу (11) такі позначення: $z_i = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{Q_i^*}\right)\right)$; $y_i = \ln(x)$; $b = \frac{1}{\Theta}$; $a = \ln(\Theta)$, отримаємо систему лінійних рівнянь для визначення параметрів розподілу:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$y_i = a + bz_i, \quad (12)$$

Визначення коефіцієнтів a і b рівняння (12) проводиться методом найменших квадратів:

$$U = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + bz_i))^2 \quad (13)$$

де n – число інтервалів, а завдання зводиться до визначення таких значень коефіцієнтів a і b , які мінімізують суму відхилень емпіричних значень і значень обчислених за формулою (13).

Остаточні математичні висловлювання визначення параметрів розподілу мають вид:

$$\Theta = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i) \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(\ln \frac{1}{Q_i}))^2 - \sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i}) \cdot \ln(x_i) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i})}{n \sum_{i=1}^n (\ln(\ln \frac{1}{Q_i}))^2 - (\sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i}))^2} \quad (14)$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i}) \cdot \ln(x_i) - \sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i}) \sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n \sum_{i=1}^n (\ln(\ln \frac{1}{Q_i}))^2 - (\sum_{i=1}^n \ln(\ln \frac{1}{Q_i}))^2} \quad (15)$$

В якості критерію оцінки близькості емпіричного і теоретичного законів розподілу використовується коефіцієнт детермінації, який обчислюється за формулою [13]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\left(1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right) \right) - \left(\exp\left(-\left(\frac{t_i}{\Theta}\right)^\beta\right) \right) \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right) \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \left(1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right) \right) \right)^2}{n}} \quad (16)$$

На підставі наведених методологічних основ було розроблено алгоритм розрахунку параметрів статистичного розподілу для ЕОМ. Програмний комплекс складається з окремих взаємозв'язаних модулів. Блок-схеми програми визначення показників надійності на ЕОМ наведено на рис. 1 та 2.

При цьому конструкція вагона розбивається на вузли, кожний вузол, в свою чергу, розбивається на елементи.

Інформація, що задається для розрахунку:

➤ Кількість оглянутих вагонів в i -ому інтервалі;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- Кількість оглянутих однойменних елементів в i -ому інтервалі;
 - Кількість однойменних елементів із несправностями даного виду;
- Інтервал часу напрацювання на відмову (*примітка: у якості інтервалу $t(i)$ приймається час напрацювання на відмову на момент проведення діагностування*).

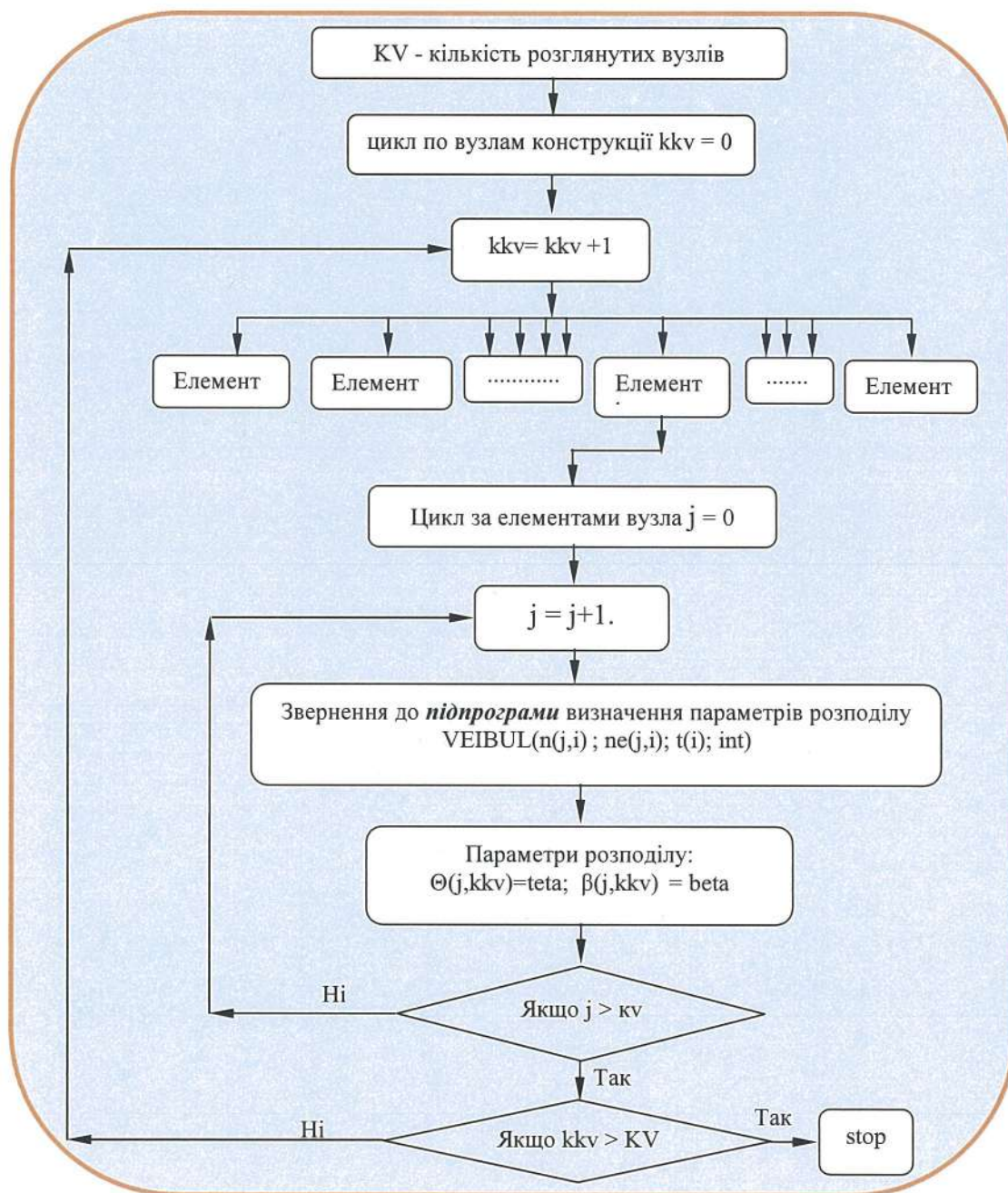


Рис. 1. Блок-схема основного модуля

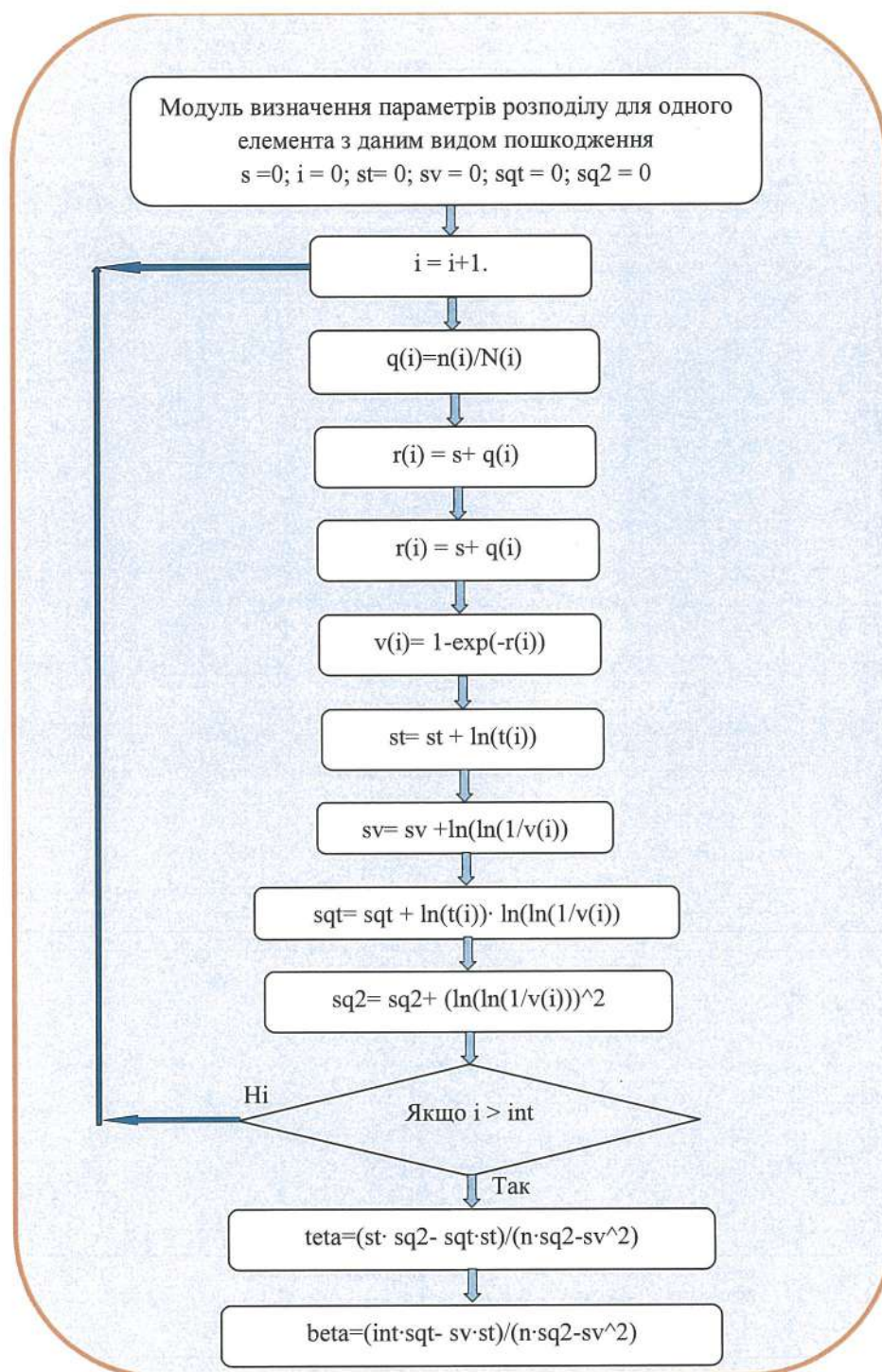


Рис. 2. Блок-схема модуля визначення параметрів Вейбулла

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Як приклад, розглянуто дослідження пошкодження колісних пар вантажних вагонів в експлуатації. Обстеженню піддавалися колісні пари, що надійшли у ремонт на вагоноремонтні підприємства (депо). Усього обстежено 2089 колісних пар, розподіл кількості яких за часом експлуатації після останнього ремонту представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. - Кількісний розподіл за видами пошкоджень колісних пар

№ п/п	Вид несправності (пошкодження)	Кількість колісних пар, шт	Відсоткове відношення, %
1	Тільки вищірбини	213	10,20
2	Тільки повзуни	117	5,60
3	Лише «знос гребеня»	882	42,22
4	Повзуни + вищірбини	18	0,86
5	Вищірбини + «знос гребеня»	684	32,74
6	Повзуни + «знос гребеня»	89	4,26
7	Повзуни + вищірбини + «знос гребеня»	76	3,64
8	Відсутність пошкоджень	10	0,48
	Усього	2089	100
Усього	Вищірбини	991	47,44
	Повзуни	300	14,36
	«Знос гребеня»	1731	82,86

У процесі обстеження було встановлено, що найбільш поширеними видами пошкоджень є:

1. повзуни на поверхні катання (плоське місце глибиною більш допустимої);
2. вищірбини (виділені ділянки поверхні катання більш допустимих розмірів або з наявністю в них тріщин або розшарування, що йдуть углиб металу);
3. тонкий гребінець (товщина гребеня менше допустимого);
4. гострий накат гребеня (виступ на поєднанні підрізаної частини гребеня з вершиною).

Для подальших статистичних досліджень такі види пошкоджень, як тонкий гребінь і гострокінцевий накат, об'єднувалися під одним найменуванням – «знос гребеня». Відсоткові відношення за видами ушкоджень представлені у таблиці 1.

За результатами розрахункових досліджень параметри статистичного розподілу Вейбулла наведено у табл. 2, графік ймовірності пошкодження колісної пари від терміну експлуатації - на рис. 3.

За результатами аналізу рис. 3 встановлено, що середнє напрацювання до появи пошкодження складало: вищірбини – 18,1 міс.; повзуни – 40,6 міс. «знос гребеня» – 12,1 міс.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. - Параметри розподілу теоретичного закону розподілу ймовірності Вейбулла

Найменування пошкодження	Θ	β
Вищірбини	20,07	1,53
Повзуни	45	1,52
«Знос гребеня»	13,3	1,42

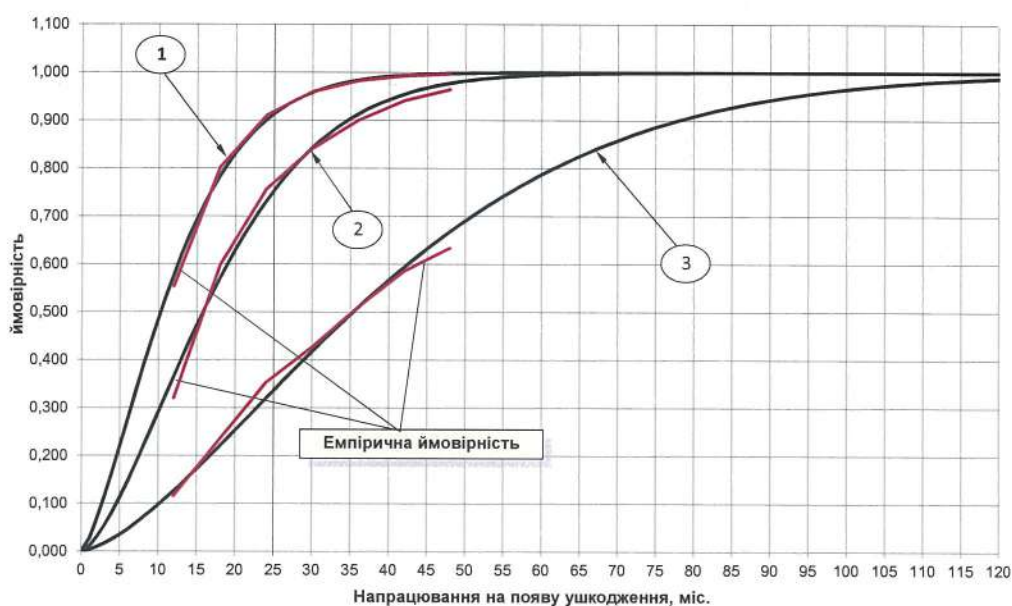


Рис. 3. Статистичне розподілення ймовірності пошкодження:
1 – знос гребеня; 2 – вищірбини; 3 - повзуни

Висновки. Розроблено алгоритм та методологічні основи визначення показників надійності одиниць рухомого складу за результатами технічного діагностування в експлуатації. На підставі виконаних розробок створено програмний комплекс, який дозволяє визначати показники надійності одиниць рухомого складу. Досліджено пошкодження колісної пари та параметри статистичного розподілу Вейбулла за допомогою створеного програмного комплексу, які дозволили отримати залежність ймовірності пошкодження колісної пари від терміну експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. (Чинний від 1996-01-01). Київ. 43 с. (Державний стандарт України)
2. ГОСТ 410-87 Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. М.: 1988. 109 с.
3. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. (Чинний від 1994). Київ. 38 с.
4. Баврин И.И. Теория вероятностей и математическая статистика / И.И.Баврин. М.: Высш. шк. 2005. 160 с.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие / В.С. Пугачев. 2-е изд., исправл. и дополн. М.: Физматлит, 2002. 496 с.
6. Кибзун А.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами / А.И. Кибзун.- М.: Физматлит, 2002. 224 с.
7. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення. Введ. 1994 Київ. 30 с.
8. ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. Москва. 1980. 18 с.
9. К. Капур. Надежность и проектирование систем. // Капур К., Л. Ламберсон. М.: Издательство «Мир», 1980. 604 с.
10. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. -2-е изд. Перераб. и доп.- М.: Наука, 1971. 576 с.;
11. Р.С. Гутер. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта / Гутер Р.С., Овчинский Б.В.- «Наука», 1970. 122 с.
12. Е.Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: "Высшая школа", 1988. 86 с.
13. Закс Лотар. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 56 с.

Yu.Ya. Vodiannikov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "
33 I. Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel: +380 536(6) 60324, E-mail: vodyann@i.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

D.V. Fedosov-Nikonov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "
33 I. Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel: +380 536(6) 61384, +380 68 0291614, E-mail: dima.nikonov@outlook.com,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0781-8182>

A.M. Strynzha

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "
33 I. Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel: +380 536(6) 61384, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3743-7006>

V.M. Poluliakh

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute "
33 I. Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
tel: +380 536(6) 61384, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2259-7157>

ALGORITHM FOR DETERMINATION OF RELIABILITY INDICATORS OF RAILWAY ROLLING STOCK UNITS BASED ON THE RESULTS OF TECHNICAL DIAGNOSIS IN OPERATION

The main provisions and calculated dependences for determining the reliability indicators of railway rolling stock units are given. It is stated that the usual design method based on the application of such arbitrary factors as safety factor and margin of safety, does not allow to judge the probability of the element failure. Therefore, the common opinion that the failure of the element can be completely eliminated by using a safety factor in excess of a certain value cannot be sufficiently substantiated.

It is shown that the main problem of assessing the reliability of cars is the lack of sufficiently sound criteria, so the problem of reliability is a complex problem and must be addressed at all stages of the life cycle and by various means. Based on the assumption that the effects on the car occur randomly and independently of each other, and the probability of damage occurring in a relatively short time interval is proportional to the length of this interval, formulas are given for determining the empirical distribution of failure probability depending on the service life of the car.

The Weibull distribution is proposed as a theoretical law, this choice is due to the fact that special cases of the Weibull distribution are the exponential and normal laws. The parameters of the Weibull distribution are determined by the maximum likelihood method, taking into account the empirical distribution. The coefficient of determination is used as a criterion for assessing the proximity of the empirical and theoretical laws of distribution. Formulas for determining the reliability indicators are presented: the probability of the element operation in good condition, the intensity of damage, the gamma percentage resource, the parameter of the flow of damage over the period, the average time to damage.

On the basis of the methodological provisions, an algorithm for determining the reliability indicators on a computer, as well as a software package consisting of separate interconnected modules is developed.

Key words: algorithm, car, diagnostics, module, reliability, rolling stock.

REFERENCES

1. DSTU 2860-94 Nadijnist tehniki. Termini ta viznachennya [Dependability of technics. Terms and definitions]. (1996). *DSTU 2860-94 from the 1-st of January, 1996*. [in Ukrainian]
2. Nadezhnost v tekhnike. Metody kontrolya pokazateley nadezhnosti i plany kontrolnyh ispytaniy na nadezhnost [Industrial product dependability. Inspection methods of reliability indices and plans of check tests on reliability]. (1988). *GOST 410-87*. Moscow [in Russian]
3. Nadijnist tehniki. Metody rozrahunku pokaznykiv nadijnosti. Zahalni vymohy [Dependability of technics. Methods of determination dependability predictions. Common requirements] (1994). *DSTU 2862-94* Kyiv [in Ukrainian]
4. Bavrin I.I. (2005). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian]
5. Pugachev V.S. (2002). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: Ucheb. Posobie 2-e izd., ispravl. i dopoln [Probability theory and mathematical statistics: Handbook] (2nd ed., rev.)*. Moscow: Fizmatlit [in Russian]
6. Kibzun A.I. (2002). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. Bazovyy kurs s primerami i zadachami [Theory of probability and mathematical statistics. Basic course with examples and tasks]*. Moscow: Fizmatlit [in Russian]
7. Nadijnist tekhniki. Eksperimentalne otsiniuvannya ta kontrol nadijnosti. Osnovni polozhennia [dependability of technics methods of estimation dependability by operating data]. (1994). *DSTU 3004-95*. Kyiv [in Ukrainian]
8. Issledovatel'skiye ispytaniya. Planirovaniye eksperimenta. Terminy i opryedyeleniya [research tests. Experiment planning. Terms and definitions]. (1980). *GOST 24026-80*. Moscow [in Russian]
9. Kapur K., Lamberson L. (1980). *Nadezhnost i proyektirovaniye sistem [Reliability and system design]*. Moscow: Izdelstvo «Mir» [in Russian]
10. Mitropolskiy A. K. (1971). *Tekhnika statisticheskikh vychislyeniy [Statistical computing technique]*. [2nd ed., rev.] Moscow: Nauka [in Russian]
11. Guter R.S., Ovchinskij B.V. (1970). *Elyemyenty chislennogo analiza i matyemacheskoy obrabotki rezultatov opyta [Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results]*. Moscow: «Nauka» [in Russian]
12. Lvovskiy E.N. (1988). *Statisticheskie metody postroyeniya empiricheskikh formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]*. Moscow: "Vysshaya shkola" [in Russian]
13. Zaks Lotar (1976). *Statisticheskoe otsenivaniye [Statistical evaluation]*. Moscow: Statistika [in Russian].

Ж.О. Семко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна

Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДО КОНТЕЙНЕРІВ, ЯКІ ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Сучасний стан виробництва продукції, незалежно від її загальних або специфічних характеристик, потребує великої кількості взаємопов'язаних дій, що стосуються процесів отримання сировини, виготовлення, транспортування виготовленої продукції до місця призначення. До процесу транспортування продукції залучаються різні види транспорту: повітряний, залізничний, автомобільний, морський, річковий. Така різноманітність з однієї сторони – надає умови вибору виробниками певного виду транспорту з точки зору строків та вартості поставки, умов збереження, але з іншої – цілком зрозуміло, що від кількості видів задіяного транспорту безпосередньо залежить кількість перевантажень з одного транспортного засобу на другий. Такі дії значно підвищують вартість транспортування, отже собівартість та кінцеву ціну продукції.

Для скорочення витрат на транспортування, особливо, коли мова йдеться про доставку продукції декількома видами транспорту на дуже далекі відстані, створено, так звану комбіновану транспорту систему, яка надає можливість доставити продукцію до місця призначення за допомогою використання контейнерів, конструкція яких дозволяє їх застосовувати на усіх видах транспорту.

Використання універсальних контейнерів, в які можна завантажити певну партію штучного, або певну кількість сипкого вантажу, дозволяє економити час на перевантаженні одиниці продукції. Крім того, використання спеціалізованих контейнерів (для перевезення або газоподібного, або рідкого вантажу, автомобілів, нестандартного обладнання тощо) дозволяє забезпечити особливі умови збереження вантажу, що дуже важливо для будь-якого споживача.

Виконання вимог нормативних документів (міжнародних угод, нормативно-правових актів, стандартів, технічних умов), що розповсюджуються на контейнери будь-якого типу, в умовах забезпечення збереження вантажу, що транспортується, стає дуже актуальною потребою та умовою.

© Семко Ж.О., 2022

Крім того, правильний вибір нормативного (их) документа (тів), якому (им) буде відповідати контейнер, дозволить використовувати його для здійснення перевезень по усій мережі залізниць колії 1520 мм й 1435 мм, та у інтермодальних перевезеннях, а також провести оцінку відповідності (сертифікацію) його показників встановленим вимогам.

Ключові слова: комбінована транспортна система, типи контейнерів, розміри та технічні характеристики контейнерів, кількість перевантажень, види транспорту.

Ж.А. Семко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ К КОНТЕЙНЕРАМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Современное состояние производства продукции, независимо от её общих или специфических характеристик, требует большого количества взаимосвязанных действий, которые касаются процессов получения сырья, производства, транспортирования изготовленной продукции к месту назначения. К процессу транспортирования продукции привлекаются разные виды транспорта: воздушный, железнодорожный, автомобильный, морской, речной. Такая разнообразность с одной стороны – предоставляет условия выбора производителями определенного вида транспорта с точки зрения сроков и стоимости поставки, условий сохранности, а с другой – вполне очевидно, что от количества видов задействованного транспорта непосредственно зависит количество перегрузок с одного транспортного средства на другой. Такие действия значительно повышают стоимость транспортировки, и, следовательно, себестоимость и конечную цену продукции.

Для сокращения потерь на транспортирование, особенно, в случае, если речь идет про доставку продукции несколькими видами транспорта на очень большие расстояния, создана, так называемая, комбинированная транспортная система, которая предоставляет возможность доставки продукции к месту назначения с помощью использования контейнеров, конструкция которых позволяет их применение на всех видах транспорта.

Использование универсальных контейнеров, загрузить которые можно определенной партией штучного, или определенным количеством сыпучего груза, позволяет экономить время на перегрузку единицы продукции. Кроме того, использование специализированных контейнеров (для перевозки или газоподобно-

го, или жидкого груза, автомобилей, нестандартного оборудования и т.п.) позволяет обеспечить особые условия сохранности груза, что очень важно для любого потребителя.

Выполнение требований нормативных документов (международных соглашений, нормативно-правовых актов, стандартов, технических условий), действие которых распространяется на контейнеры любого типа, в условиях обеспечения сохранности транспортируемого груза становится самой актуальной потребностью и условием.

Кроме того, правильный выбор нормативного (ых) документа (тов), которому (им) будет соответствовать контейнер, позволит использовать его для осуществления перевозок по всей сети железных дорог колеи 1520 мм и 1435 мм, в том числе и в интермодальных перевозках, а также провести оценку соответствия (сертификацию) его показателей установленным требованиям.

Ключевые слова: комбинированная транспортная система, типы контейнеров, размеры и технические характеристики контейнеров, количество перегрузок, виды транспорта.

Вступ. Подальший розвиток виробництва різноманітних видів продукції, актуальність своєчасної доставки їх до місця призначення, збереження споживчих властивостей під час транспортування, потребує створення досить ефективної системи, яка б відповідала наведеним вимогам з урахуванням економічних, технологічних та логістичних вимог. Однією з таких ефективних систем є здійснення контейнерних перевезень.

Метою цієї статті є визначення необхідних та достатніх вимог, встановлених в нормативних документах стосовно вантажних контейнерів (далі – контейнери), що застосовуються для перевезення вантажів повітряним, або залізничним, або автомобільним, або морським, або річковим транспортом, або у комбінованій системі, а також обґрунтування необхідності та визначення тенденцій у розвитку інтермодальних (мультимодальних) перевезень із застосуванням універсальних або спеціалізованих контейнерів.

На території України на даний час щодо контейнерів та контейнерних перевезень є чинними такі нормативно-правові акти:

- Закон України Про перевезення небезпечних вантажів [1];
- Конвенція про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ), до якої Україна приєдналася відповідно до Закону України від 5 червня 2003 р. № 943-IV (далі – Конвенція) [2];
- Європейська Угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ), до якої Україна приєдналася відповідно до Закону України від 2 березня 2000 р. № 1511-III (далі - Угода про дорожнє перевезення вантажів) [3];
- Європейська угода про міжнародне перевезення небезпечних вантажів внутрішніми водними шляхами (ВОПНВ), до якої Україна приєдналася згідно із Законом України від 17 листопада 2009 р. № 1727-VI (далі - Угода про перевезення вантажів водними шляхами) [4];
- Наказ Міністерства транспорту України Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні, від 14.10.1997 № 363 [5];
- Наказ Міністерства транспорту України Про затвердження окремих розділів Правил перевезення вантажів від 21.11.2000 № 644 [6].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

До нормативних документів, що є чинними в Україні відносяться:

- ДСТУ ISO 1496-1:2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 1. Контейнери загальної призначеності універсальні (ISO 1496-1:1990, IDT) [7];
 - ДСТУ ISO 1496-2: 2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 2. Ізотермічні контейнери (ISO 1496-2:2008, IDT) [8];
 - ДСТУ ISO 1496-3:2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 3. Контейнери – цистерни для рідин, газів і сипких вантажів під тиском (ISO 1496-3:1995, IDT + ISO 1496-3:1995 [9];
 - ДСТУ ISO 1496-4:2015 Вантажні контейнери серії 1. Технічні умови та випробування. Частина 4. Контейнери для насипних вантажів, що перебувають під нормальним тиском (ISO 1496-4:1991; Amd 1:1994; Cor 1:2006, IDT) [10];
 - ДСТУ ISO 1496-5:2015 Вантажні контейнери серії 1. Частина 5. Контейнери-платформи і контейнери на базі платформи (ISO 1496-5:1991; Amd 1:1993; Amd 2:1994, IDT) [11];
 - ДСТУ ISO 668:2015 Вантажні контейнери серії 1. Класифікація, розміри та номінальні характеристики [12];
 - ДСТУ ISO 1161:2015 Вантажні контейнери серії 1. Фітинги кутові. Технічні умови [13];
 - ДСТУ ISO 8323:2015 Вантажні контейнери. Контейнери універсальні (інтермодальні) для повітряних і наземних перевезень. Технічні умови і методи випробувань [14];
 - ДСТУ ISO 17712:2015 Вантажні контейнери. Ущільнювачі механічні [15];
 - ДСТУ ISO 3874:2015 Вантажні контейнери серії 1. Користування та закріплення [16];
 - ГОСТ 30302-95 Контейнеры специализированные. Типы, основные параметры и размеры [17].
- Оскільки залізничний транспорт України є транспортом, використовуваним на залізницях колії 1520 мм, який перетинає кордони країн Союзу Незалежних Держав (СНД) без перевантаження вантажів, контейнери, що застосовуються для залізничних перевезень, мають відповідати нормативним документам, чинним на території країн СНД:
- ГОСТ 4.50-78 СПКП. Контейнеры грузовые. Номенклатура показателей [18];
 - ГОСТ 15102-75 Контейнер универсальный металлический закрытый номинальной массой брутто 5,0 т. Технические условия [19];
 - ГОСТ 18477-79 Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры [20];
 - ГОСТ 20259-80 Контейнеры универсальные. Общие технические условия [21];
 - ГОСТ 20260-80 Контейнеры универсальные. Правила приемки. Методы испытаний [22];
 - ГОСТ 20527-82 Фитинги угловые крупнотоннажных контейнеров. Конструкция и размеры [23];
 - ГОСТ 31281-2004 Устройства запорно-пломбировочные для транспорта и контейнеров общего и специального назначения. Общие технические требования [24];
- При цьому, у разі створення, освоєння та виробництва нових або модернізованих конструкцій контейнерів, має бути дотримано вимог стандартів щодо постановки продукції на виробництво, а саме:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво [25];

– ДСТУ 3973-2000 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення [26];

– ДСТУ 3974-2000 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення [27].

Взагалі для забезпечення цілковитої відповідності контейнерів умовам, що встановлені в правилах перевезення вантажів [1]–[6], використання стандартів, приведених вище, є доцільним, якщо обов'язковість їх застосування не встановлено законодавчо.

Для цілей цієї статті із всього переліку наведених стандартів, слід приділити увагу таким, в яких в тій чи іншій формі приведені вимоги до характеристик, що впливають на безпечність застосування контейнерів, забезпечення конструкцією контейнерів збереження вантажів, особливо тих, що потребують захисту від зовнішніх чинників, та які забезпечують використання контейнерів в інтермодальних (мультимодальних) перевезеннях.

На підставі цього припущення та проведеного аналізу вимог стандартів, до розгляду встановлених в них вимог було відібрано такі нормативні документи: ДСТУ ISO 1496-1 [7], ДСТУ ISO 1496-3 [9], ДСТУ ISO 1496-5 [11], ДСТУ ISO 668 [12], ДСТУ ISO 8323 [14], ГОСТ 30302 [17], ГОСТ 4.50 [18].

Перш ніж приступити до розгляду основних характеристик контейнерів, слід надати пояснення щодо терміну «інтермодальні (мультимодальні) перевезення».

Інтермодальні та мультимодальні перевезення – два види вантажних перевезень, які настільки схожі між собою, що їх часто плутають навіть професіональні логісти. Але все ж різниця – є.

Для того, щоби зрозуміти, що таке мультимодальні і інтермодальні перевезення, з початку треба ознайомитися с поняттям «комбіноване перевезення». Таким терміном позначають послідовне транспортування одного й того ж вантажу декількома видами транспорту (рис. 1). Наприклад, який-небудь певний контейнерний вантаж везуть із Індії до Одеси морським шляхом на кораблі, потім із Одеси у Кременчук – залізничним транспортом, та, врешті із Кременчука до Горішніх Плавнів на вантажному автомобілі.



Рис. 1. Види транспорту

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Відповідно до Закону України Про мультимодальні перевезення [28]: «комбіноване перевезення вантажів – мультимодальне перевезення вантажів однією і тією самою транспортною одиницею без перевантаження вантажу при зміні виду транспорту, де більша частина маршруту приходиться на морський, річковий або залізничний транспорт, а відрізок маршруту автомобільним транспортом є максимально коротким».

Відмінною особливістю інтермодальних й мультимодальних перевезень є те, що на усіх етапах транспортування за доставку вантажу із точки А в точку В відповідає одна й та логістична компанія. Ще одна важлива відмінність інтермодальних і мультимодальних від інших комбінованих перевезень полягає в тому, що на усіх етапах маршруту вантаж супроводжується одним й тим же транспортним документом (накладною).

У чому пролягає відмінність інтермодальних і мультимодальних перевезень від інших зрозуміло. Різниця між ними самими дуже невелика.

По-перше, в словарному визначенні мультимодальної перевезення вказано, що вона відрізняється від інших використанням єдиного наскрізного тарифу. Зазвичай, у випадку інтермодальної перевезення логістична компанія також може застосувати наскрізний тариф, але у випадку із мультимодальною перевезенням це є обов'язковою умовою.

По-друге, у спеціальній літературі при обговоренні інтермодальних перевезень застосовується поняття «вантажна одиниця» замість більш звичного «вантаж». Вантажна одиниця – це декілька різних вантажів, спільно упакованих, наприклад, в один великий контейнер. Крім цих двох нюансів, іншої різниці між інтермодальними і мультимодальними перевезеннями немає.

Із наведеного вище пояснення виходить, що для здійснення змішаної перевезення (інтермодальної або мультимодальної) головною характеристикою, що забезпечить такий вид перевезення вантажів у контейнерах стає наявність універсальних пристроїв кріплення контейнерів (фітінгів) на будь-якому виді транспорту.

Таким чином, до переліку нормативних документів [7], [9], [11], [12], [14], [17], [18] слід долучити ДСТУ ISO 1161 [13], ДСТУ ISO 3874 [16], ГОСТ 20527 [23]. Але, визначивши важливість наявності універсальних пристроїв кріплення, вимоги стандартів, що стосуються фітінгів, в рамках цієї статті не розглядатимуться.

Отже, перейдемо до розгляду основного завдання – вимоги стандартів на контейнери, відповідність яким забезпечить їх використання у будь-яких видах перевезень, зокрема й на залізничному транспорті.

Вантажні контейнери відповідно до ДСТУ ISO 830:2015 Контейнери вантажні. Словник термінів [29] об'єднані в групи (рис. 2), а групи поділяють за такими класифікаційними ознаками: вид транспорту, вид вантажу, фізичні характеристики контейнера.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

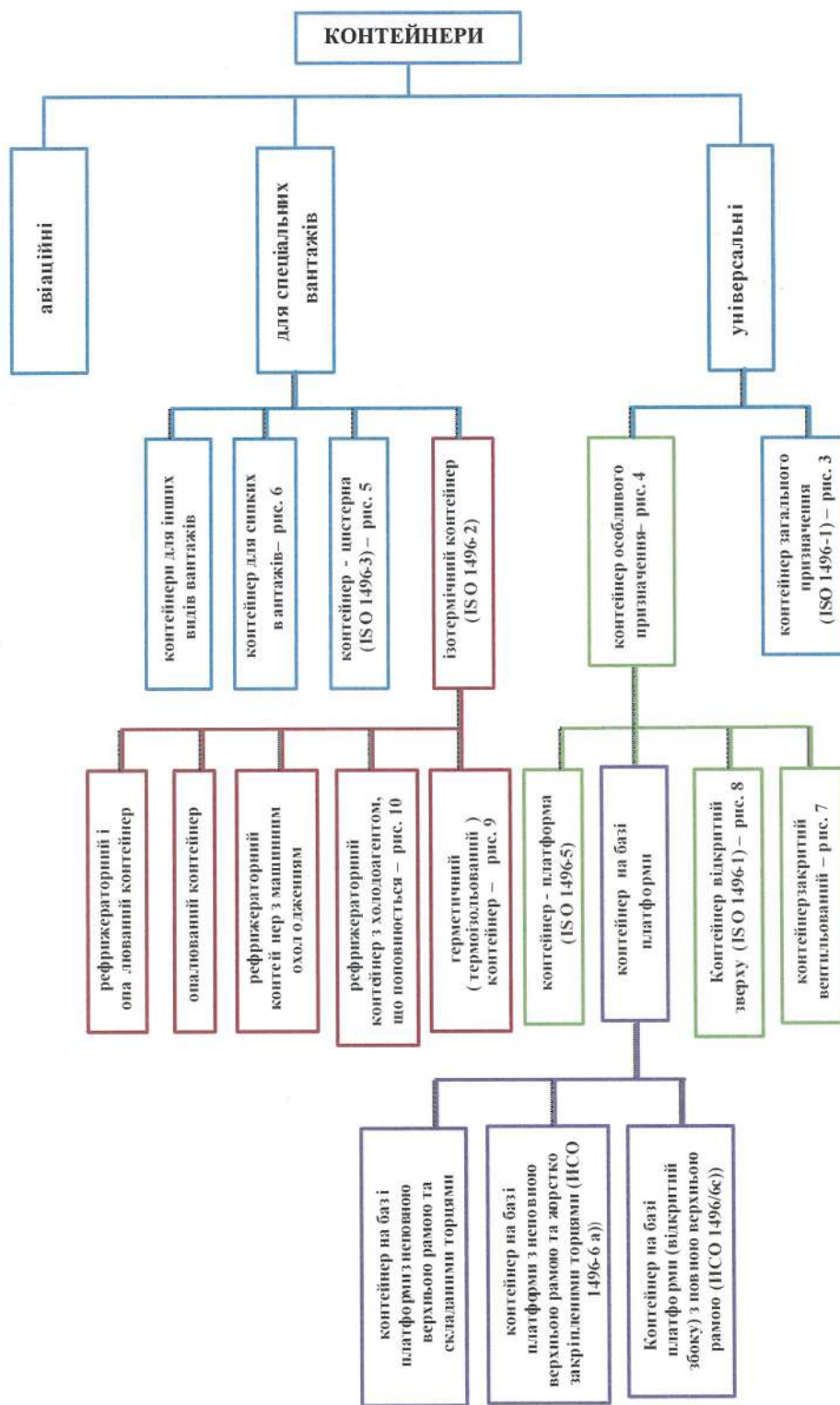


Рис.2. Схема класифікації вантажних контейнерів

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При цьому:

а) мається на увазі, що контейнери призначені для використання на усіх видах наземного транспорту – автомобільному, залізничному та морському, якщо не має інших технічних вимог. Тільки для авіаційних контейнерів надають особливі посилення на вид транспорту під час класифікації типів контейнерів

б) основна класифікація виконана за видами вантажів, для перевезення яких контейнер призначено спочатку. Універсальні контейнери включають ті, які не були спочатку або спеціально призначені для особливої категорії вантажів. Цю групу поділяють за конструкцією та/або за засобами виконання завантаження (упаковки) та розвантаження.

До контейнерів для спеціальних вантажів належать такі, що призначені для вантажів, чутливих до температури, для рідин та газів, твердих сипких вантажів, що не злежуються, та для особливих категорій, наприклад, автомашин або тварин. Цю групу визначають за відповідними фізичними характеристиками контейнера, наприклад, за здатністю підтримувати задану температуру у визначених умовах, за випробувальним тиском тощо.

Типи контейнерів (рис. 3–10) відповідно до класифікації за розмірами (номінальною довжиною) згідно з ДСТУ ISO 668 [12] наведено в таблиці 1.



Рис. 3. Універсальний контейнер



Рис. 4. Контейнер з дахом, що відкривається (Open Top)



Рис. 5. Контейнер-цистерна



Рис. 6. Контейнер для сипких вантажів

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 7. Контейнер вентиляований



Рис. 8. Контейнер відкритий герметичний



Рис. 9. Контейнер герметичний



Рис. 10. Контейнер рефрижераторний

Відповідно до ДСТУ ISO 1496-1 [7] конструкція універсальних вантажних контейнерів має:

- забезпечувати міцність, необхідну для сприйняття сил та навантажень, вказаних в таблиці 2 (відповідно до ДСТУ ISO 1496-4 [10]) з урахуванням схем щодо місць прикладення та значень сил для перевірки міцності й жорсткості конструкцій контейнерів усіх типів групових кодів GP, VN, UT (за виключенням особливо обумовлених випадків), наведених у додатку А ДСТУ ISO 1496-1 [7];

- не допускати можливості вилучення вантажу із запертого контейнера (закритого або відкритого з закріпленим тентом) або завантаження в нього вантажу без залишення видимих слідів зламу або пошкодження митних печатей та пломб, також не має передбачати наявності потайних місць для приховування вантажу, а для митного огляду має забезпечувати доступність усіх місць, де може знаходитися вантаж.

- призначені для перевезки у змішаному сполученні залізничним, водним та автомобільним транспортом, а також у випадку їх міжнародного сполучення мають відповідати вимогам даного стандарту та вимогам Міжнародної Конвенції по безпечним контейнерам [30] і Митної конвенції, що стосується контейнерів [31].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. – Номінальна довжина контейнерів

Тип вантажних контейнерів	Номінальна довжина	
	мм	фут
1EEE; 1EE	13716	45
1AAA; 1AA; 1A; 1AX	12192	40
1BBB; 1BB; 1B; 1BX	9125	30
1CC; 1C; 1CX	6058	20
1D; 1DX	2991	10

Примітки:
1 Контейнери мають постійну ширину - 2438 мм (8 футів).
2 Контейнери 1EEE, 1AAA та 1BBB мають висоту 2896 мм (9 футів 6 дюймів).
Контейнери 1EE, 1AA, 1BB та 1CC мають висоту 2591 мм (8 футів 6 дюймів).
Контейнери 1A, 1B, 1C та 1D мають висоту 2438 мм (8 футів).
Контейнери 1AX, 1BX, 1CX та 1DX мають висоту менше ніж 2438 мм (8 футів).
3 Розміри в футах приведені для відома.
4 Існують законодавчі обмеження габаритної довжини транспортного засобу.
5 Буква "X", використовувана при визначенні типу контейнера, не має спеціального призначення; вона показує, що значення висоти контейнера становить від 0 мм до 2438 мм (8 футів).

Будь-які пристрої, призначені для закриття контейнера, які в незакріпленому положенні можуть бути пошкоджені та/або бути причиною порушення умов безпечної роботи, мають бути оснащеними відповідними пристроями кріплення із зовнішньою індикацією правильного їх положення та закріплення у відповідному робочому положенні. Зокрема, двері мають бути надійно закріплені у відкритому й закритому положеннях.

Знімний дах або знімна частина даху має бути оснащена такою індикацією запірних пристроїв, яка дозволила би оператору, що знаходиться на землі, перевірити надійність закріплення даху контейнера, який розміщено на залізничній платформі або напівпричепі - контейнеровозі.

Будь-які запірні пристрої мають бути обладнані пристосуваннями для навішування пломби і митної печатки.

Всі закриті й відкриті контейнери, зі спеціально для них сконструйованими закриваючими пристосуваннями мають витримувати вплив атмосферних опадів.

В таблицях 2–4 наведено вимоги відповідно до ДСТУ ISO 1496-1 [7] щодо видів випробувань, яким має бути піддано вантажні контейнери, мети випробувань, інформацію стосовно сил, що діють на контейнер або його складові та значень сил.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2 – Види випробувань, яким має бути піддано вантажні контейнери

№	Вид випробувань	Мета випробувань
1	2	3
1	Штабелювання ¹⁾	Випробування проводять для перевірки здатності повністю завантаженого контейнера витримувати навантаження, створене верхніми завантаженими контейнерами, з урахуванням прискорень, викликаних рухом судна, у разі наявності ексцентриситету між завантаженими контейнерами в штабелі
2	Підйом за чотири верхніх кутових фітинга	Випробування проводять: - для перевірки здатності контейнера будь-якого типу, витримувати навантаження, що виникають під час підйому за відповідні чотири верхніх кутових фітинга, з вертикальною дією сил підйому, крім контейнерів типу 1DD, 1D, 1DX. - для контейнерів типу 1DD, 1D и 1DX витримувати навантаження, що виникають під час підйому за відповідні чотири верхніх кутових фітинга у разі дії сил підйому під кутом не більше ніж 30° до вертикалі, згідно з єдиною визнаним способом вертикального підйому цих контейнерів за відповідні чотири верхніх кутових фітинга. Це випробування проводять також для підтвердження здатності підлоги і конструкції основи витримувати дію сил, що викликані прискоренням, яке отримує вантаж всередині контейнера при операціях підйому
3	Підйом за чотири нижніх кутових фітинга ²⁾	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера витримувати навантаження, що виникають під час підйому за чотири нижніх кутових фітинга за допомогою пристосувань, які взаємодіють з контейнером тільки через нижні кутові фітинги та прикріплені до однієї балки-траверси, що розташована над серединою контейнера в поперечному напрямку
4	Жорсткість конструкції (повздожня)	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера витримувати зовнішнє повздожнє стиснення або розтягнення під дією динамічних навантажень під час перевезень залізничним транспортом, викликаних прискоренням
5	Міцність торцевих стінок	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера витримувати дію внутрішніх сил від вантажу, що виникають під час перевезень залізничним транспортом
6	Міцність бокових стінок	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера витримувати дію внутрішніх сил від вантажу, під час перевезень морським транспортом

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 2

1	2	3
7	Міцність даху (у разі наявності)	Випробування проводять для перевірки здатності жорсткого даху контейнера (у разі наявності) витримувати дію навантажень, виникаючих під час знаходження на ньому обслуговуючого персоналу
8	Міцність підлоги та основи	Випробування проводять для перевірки здатності підлоги контейнера витримувати дію зосередженого динамічного навантаження, що виникає під час виконання вантажних операцій з використанням виловних навантажувачів або аналогічних пристроїв всередині контейнера
9	Жорсткість (поперечна)	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера будь-якого типу, за виключенням контейнерів типу 1DD, 1D, 1DX витримувати дію виникаючих під час руху судна сил, які викликають поперечний перекид конструкції контейнера
10	Жорсткість (повздожня)	Випробування проводять для перевірки здатності контейнера будь-якого типу, за виключенням контейнерів типу 1DD, 1D, 1DX витримувати дію сил, які виникають під час руху судна та які викликають перекид конструкції контейнера в повздожньому напрямку
11	Підйом з використанням виловних отворів	Випробуванням слід піддавати контейнери типу 1CC, 1C, 1DD або 1D, які оснащені однією парою виловних отворів
12	Підйом контейнера за стропувальні пристрої в основі	Це випробування проводити необов'язково. Його проводять, за вимогою замовника, якщо вказані пристрої передбачено у конструкції контейнера
13	Водонепроникність	Випробування проводять для перевірки здатності зовнішніх швів та пазів контейнера не допускати проникнення води, яку подають під тиском 100 кПа на відстані 1,5 м від випробовуваного контейнера, з переміщенням струї води зі швидкістю 100 мм/с
<p>¹⁾ Випробувальні сили, які мають бути прикладені до кожної пари кутових фітингів або до усіх чотирьох кутових фітингів одночасно, та розташування маси вантажу зверху, яка замінює випробувальні навантаження, вказані в таблиці 4.</p> <p>²⁾ Кут, під яким прикладають сили під час випробувань, вказано в таблиці 3.</p>		

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 3. – Кут, під яким прикладають сили підйому

Тип контейнера	Значення кута, град	Напрямок
1EEE, 1EE	30°	до горизонталі
1AAA, 1AA, 1A, 1AX	30°	те ж саме
1BBB, 1BB, 1B, 1BX	37°	- // -
1CC, 1C, 1CX	45°	- // -
1DD, 1D, 1DX	60°	- // -

Таблиця 4 – Сили, що діють під час випробувань на штабелювання

Тип контейнера	Випробувальне навантаження на один контейнер на усі чотири кутових фітинга одночасно, кН	Випробувальне навантаження на два кутових фітинга однієї торцевої стінки, кН	Маса вантажу, що розташований зверху, яка викликає випробувальні сили, кг
1EE, 1EEE	3767	1883	213360
1A, 1AA, 1AAA, 1AX	3767	1883	213360
1B, 1BB, 1BBB, 1BX	3767	1883	213360
1C, 1CC, 1CX	3767	1883	213360
1D, 1DD, 1DX	896	448	50800

Примітка - Для контейнерів типу 1DD, 1D та 1DX випробувальне навантаження 896 кН визначають при дотриманні умови штабелювання контейнерів в шість ярусів, коли сумарна маса п'яти контейнерів, завантажених до дійсної маси 10160 кг кожен, за вертикального прискорення $1,8 \text{ м/с}^2$ діє на нижній контейнер і кожна його кутова стойка зазнає навантаження 224 кН.

У ДСТУ ISO 4128 [32] визначено вимоги до контейнерів, призначених для використання у перевезенні літаками. В ньому встановлено розміри та визначено основні вимоги до специфікації контейнерів, які будуть використовуватися виключно у поєднанні з повітряним режимом у вантажних моделях літаків великої місткості, та їх випробуванням.

Крім того, наведено також екологічні критерії та вимоги до маркування.

У ДСТУ ISO 8323 [14] наведено основні вимоги до інтермодальних контейнерів повітряно-неземного використання. В додатку А цього стандарту визначені докладні вимоги до конструкції контейнерів, в додатку В – наведено розділи інших міжнародних стандартів, що стосуються контейнерів повітряно-наземного використання.

Термін щодо типу контейнера повітряно-наземного використання визначено наступним чином:

повітряний/наземний (інтермодальний) контейнер: об'єкт транспортних операцій, який має внутрішній об'єм від 1 м^3 та більше, який оснащений верхніми

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

та нижніми кутковими фітингами, з утримуючими пристроями, сумісними з утримуючими системами літака, та нижньою основою, виконану повністю урівень, яка дозволяє обробляти системи переміщення вантажів на роликах.

Цей тип контейнерів в першу чергу призначений для перевезення вантажів літаками та для використання на наземних видах транспорту (автомобільному, залізничному, морському).

Загальні вимоги, яким має відповідати конструкція контейнерів, наведено у статті 2 «Конструкція контейнерів» частини I «Правила, що стосуються технічних умов, застосованих до контейнерів, які можуть допускатися до міжнародних перевезень під митними печатками і пломбами» Додатку, що стосується допущення контейнерів (Додаток 7), до Митної конвенції про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП (Конвенція МДП) (далі – Конвенція) [33], а саме:

а) складові елементи контейнера (стінки, підлога, двері, дах, стійки, рами, поперечні елементи тощо) повинні з'єднуватися або за допомогою пристосувань, що не можуть бути зняті зовні і знову поставлені на місце без залишення видимих слідів, або за допомогою методів, що забезпечують таку конструкцію, що не може бути змінена без залишення видимих слідів. Коли стінки, підлога, двері і дах виготовлені з різних елементів, вони повинні відповідати тим же вимогам і бути досить міцними;

б) двері та інші системи закривання (включаючи запірні крани, дахи лазів, фланці тощо) повинні мати пристосування, на яке могли би бути накладені митні печатки і пломби. Це пристосування повинно бути таким, щоб його не можна було зняти зовні і знову поставити на місце без залишення видимих слідів і щоб двері та запірні пристрої не могли відкриватися без порушення митних печаток і пломб. Останні повинні бути відповідним чином захищені. Дозволяється робити дахи, що відкриваються;

в) вентиляційні та дренажні отвори повинні бути забезпечені пристроєм, що перешкоджає доступу всередину контейнера. Цей пристрій повинен бути таким, щоб його не можна було зняти зовні і знову поставити на місце без залишення видимих слідів.

Основні пункти, які слід враховувати при проектуванні контейнерів, містяться в розділі А.5 додатку А [14]. Розміри та оцінка придатності для використання контейнерів мають відповідати наступним вимогам.

1. Загальні зовнішні розміри та допуски на розміри контейнерів, що охоплені [14], є такими, що встановлені для вантажних контейнерів серій 1А, 1В, 1С та 1D у Додатку В.1 ДСТУ ISO 668 [12]. Жодна частина контейнера не має виходити за межі зазначених загальних зовнішніх розмірів. Мінімальні внутрішні розміри контейнерів повинні бути якомога більшими, але принаймні рівними значенням, наведеним у ДСТУ ISO 668 [12].

2. Контейнер повинен бути спроектований таким чином, щоб забезпечити максимально можливий внутрішній переріз, доступний для завантаження.

Кожен контейнер повинен мати отвір для дверей принаймні на одному кінці.

Дверні отвори повинні бути якомога більшими, але не менше ніж указано у ДСТУ ISO 668 [12].

3. Для оцінки контейнерів, придатних для використання у повітряному та наземному транспорті, застосовуються наступні критерії:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

1) максимальна маса брутто – максимально допустима спільна вага контейнера та його вантажу;

2) маса тари, t – вага порожнього контейнера, включаючи його звичайний комплект утримуючих пристроїв для завантаження.

4. Максимальна маса брутто і розподілене навантаження для повітряних/наземних (інтермодальних) контейнерів.

Контейнер не можна використовувати в жодній транспортній системі із загальною вагою, що перевищує вказану в таблиці 5.

Таблиця 5. – Максимальна вага брутто контейнера

Позначення інтермодального контейнера	Максимальна маса брутто	
	кг	фунт
1A	20412	45000
1B	15876	35000
1C	11340	25000
1D	5670	12500

5 Основні вимоги до конструкції

Усі контейнери повинні бути водонепроникними. Контейнери, завантажені до максимальної ваги брутто, повинні відповідати експлуатаційним вимогам, зазначеним нижче.

Повітряні/наземні (інтермодальні) контейнери слід укладати в такому положенні, як показано нижче (див. таблицю 6):

- термінальне сховище: під контейнерами для генеральних вантажів W_{vo} однакового розміру, завантаженими відповідно до їх максимальної маси брутто, як зазначено у ДСТУ ISO 668 [12];

- суднові перевезення, тільки під палубою: під одним генеральним вантажним контейнером однакового розміру, завантаженим до його номіналу, як встановлено в ДСТУ ISO 668 [12].

Усі контейнери мають спиратися на свої нижні кутові та проміжні фітинги.

Усі контейнери, крім контейнерів типів 1DD, 1D і 1DX, мають також спиратися на опорні (контактні) площадки в конструкції основи або пласке днище.

На рисунку 11 наведено основні розміри розташування фітингів.

Під час випробувань на штабелювання максимальна вага брутто для інтермодального контейнера для генеральних вантажів не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 7.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 6 – Схема укладання інтермодальних контейнерів

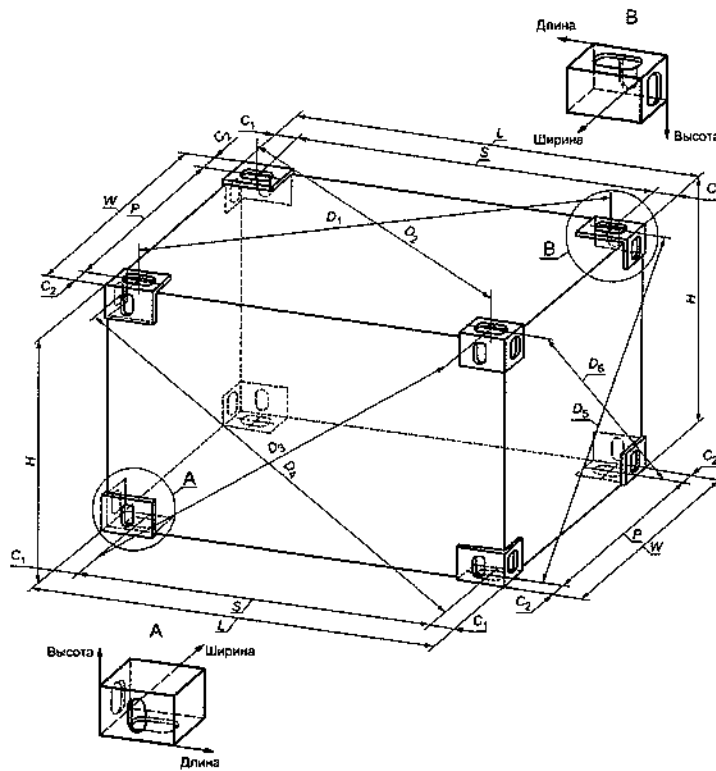
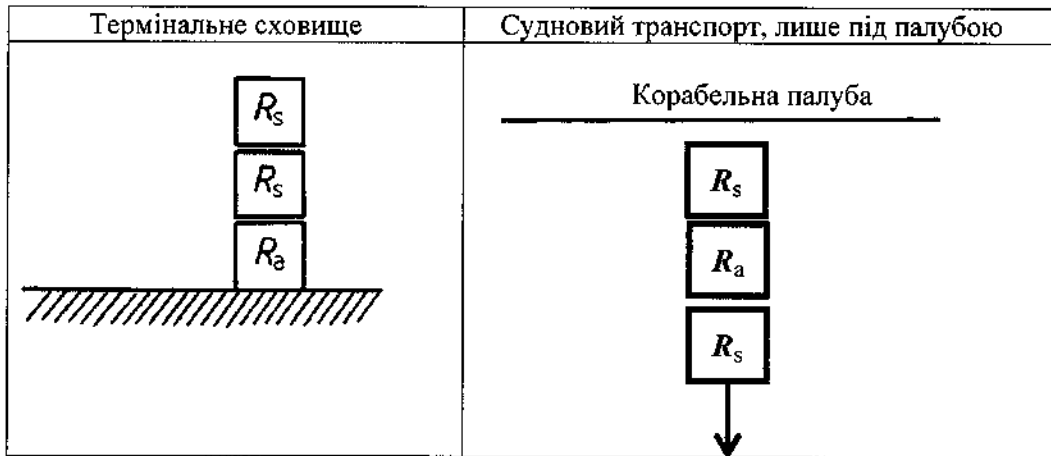


Рис. 11. Розміщення кутових фітінгів:

C_1 – розмір кутового фітінга $101,5^{0}_{-1,5}$ мм ; C_2 – розмір кутового фітінга $89^{0}_{-1,5}$ мм ;
 D – відстань між центрами отворів або зпроційованими на них точками діагонально протилежних кутових фітінгів. Воно отримується із 6 вимірювань: $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$; H – загальна висота; L – зовнішня довжина контейнера; P – ширина контейнера, виміряна між центрами отворів кутових фітінгів; W – довжина контейнера, виміряна між центрами отворів кутових фітінгів; S – зовнішня ширина контейнера

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 7. – Максимальна маса брутто контейнера під час штабелювання

Позначення інтермодального контейнера	Максимальна маса брутто контейнера	
	кг	фунт
1A	30480	67200
1B	25400	56000
1C	20320 ¹⁾	44800
1D	10160	22400

¹⁾ Для контейнера 1C передбачається підвищення ваги до 24 000 кг відповідно до ДСТУ ISO 668 [12].

6. Випробування контейнерів

Узагальнена інформація щодо видів випробувань, яким має бути піддано конструкцію контейнерів різних типів згідно з ДСТУ ISO 1496-1 [7], ДСТУ ISO 1496-4 [10], ДСТУ ISO 8323 [14] наведено в таблиці 8.

Таблиця 8. – Види випробувань контейнерів

Вид випробування	Номер випробування за стандартом		
	ДСТУ ISO 8323	ДСТУ ISO 1496-4	ДСТУ ISO 1496-1
1	2	3	4
Штабелювання	1	1	1
Підйом за чотири верхні кутові фітинги	2	2	2
Підйом з/чотири нижні кутові фітинги	3	3	3
Жорсткість конструкції (поздовжня)	–	4	4
Міцність торцевих стінок/дверей	5	5 ¹⁾	5
Міцність бокових стінок	6	6 ¹⁾	6
Міцність даху (у разі наявності)	7	7	7
Міцність підлоги та/або основи	8	8	8
Жорсткість поперечна	–	9	9
Жорсткість поздовжня	–	10	10
Підйом за отвори для вилкового навантажувача (у разі наявності)	9	11	11
Підйом за підхватні пристрої у основі	–	12	12
Водонепроникність	–	13	13
Поздовжнє кріплення	4	14 ²⁾	–
Поперечне кріплення	–	15 ²⁾	–
Містки (за наявності)	–	16	–
Драбини (за наявності)	–	17	–
Повітропроникність (коди типів B1)	–	18	–

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл.8

Стойкість до атмосферного впливу	10	–	–
Переміщення по конвеєрним системам	11	–	–
Кріплення бази контейнера на транспортних засобах, оснащених платформою с рольгангом	12	–	–
¹⁾ Для контейнерів ящикного типу ²⁾ Для контейнерів типу хопер			

Якщо не зазначено інше, в усіх випробуваннях використовуються експлуатаційні проектні навантаження. Для обґрунтування аналітичних даних, у разі необхідності, випробування, в окремих випадках, можуть повторюватися в умовах граничнонавантаження. Якщо це стає необхідним, випробуваний таким чином контейнер не можна використовувати в експлуатації, поки структурно-конструктивні параметри не будуть повністю відновлені. Якщо випробування не передбачено, вимоги до конструкції, зазначені в пункті 5, можуть бути перевірені або розраховані, або випробуванням

Під час проведення випробувань на штабелювання (див. таблицю 8) використовують такі розрахункові дані за формулою (1):

$$R_a = P + T \dots\dots\dots (1)$$

де R_a – максимальна маса брутто повітряного/наземного (інтермодального) контейнера;

P – максимальне корисне навантаження контейнера, що випробовується (вантажопідйомність);

T – маса тари контейнера.

Випробувальне навантаження в контейнері має бути рівномірно розподілене, якщо не вказано інше.

Під час випробувань мають бути враховані максимальні відхилення центру ваги, які мають бути забезпечені відповідним розміщенням вантажу в межах, зазначених нижче:

- а) + 10 % за зовнішньою шириною, виміряною від геометричного центру;
- б) + 5 % за зовнішньою довжиною, виміряною від геометричного центру;
- в) за висотою від 356 мм до 1219 мм, виміряною від нижньої частини основи.

Визначені у стандартах випробувальне обладнання та методи випробувань не є обмежувальними. Для досягнення бажаного результату можуть бути використані альтернативні еквівалентні методи.

Наприкінці слід зазначити, що мультимодальні перевезення задовольняють сучасні потреби імпортерів і експортерів, вимоги розвитку зовнішньоторговельних зв'язків країн. У свою чергу, мультимодальні перевезення активно впливають на характер зовнішньої торгівлі країн, включно з вибором базисних умов поставки товару, визначення контрактної ціни, укладання договорів купівлі-продажу тощо.

Крім того, організація мультимодальних перевезень вантажів на більш якісному рівні дає можливість учасникам зовнішньоекономічної діяльності істотно впливати на регулювання цін у своїй галузі завдяки зниженню собівартості власної продукції та витрат на купівлю товарів за кордоном. Хоча Міжнародні мультимодальні перевезення мають багато переваг, наприклад: сучасні транспортні технології;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

прогресивна керуюча система; скорочення транспортних витрат. Але існують певні складнощі в їх організації. Це пояснюється наступним: – у процесі міжнародних мультимодальних перевезень бере участь багато суб'єктів: вантажовідправник, вантажоодержувач, оператор, перевізники, митні служби, страхові компанії, банки, державні органи (керуючі зовнішньою торгівлею і транспортом), термінали, лізингові компанії тощо; – кожна операція є строго індивідуальною за технологією виконання для конкретного товару, виду транспорту, географії перевезення; – міжнародні перевезення вантажів регулюються як міжнародним законодавством, так і національними, регіональними, місцевими нормами.

Висновки.

1. Не зважаючи на наявність загальних вимог до контейнерів різних типів, використання їх за відповідним призначенням є дещо обмежувальним фактором:

- контейнери за ДСТУ ISO 668 [12] призначені для перевезення залізничним, морським (річковим) та автомобільним транспортом;

- контейнери вантажні серії 1 за ДСТУ ISO 1496-4 [10] для сипких вантажів, що розвантажуються без тиску, призначені для перевезення залізничним, морським (річковим) та автомобільним транспортом в прямому та змішаному сполученні;

- контейнери загального призначення за ДСТУ ISO 1496-1 [7], зокрема закриті та вентилязовані (з природною та механічною системами вентиляції), з відкритим верхом, призначені для перевезення вантажів залізничним, морським, річковим та автомобільним транспортом в прямому та змішаному сполученні, та не застосовуються для перевезення вантажів авіаційним транспортом;

- контейнери універсальні (інтермодальні) за ДСТУ ISO 8323 [14], придатні для міжнародного обміну та для перевезення автомобільним, залізничним та морським транспортом, а також вантажними літаками великої місткості, включаючи перевантаження між цими видами транспорту.

2. Мультимодальні перевезення в даний час набувають великого поширення завдяки своїм перевагам, є відображенням науково-технічного процесу на транспорті, та стають важливим фактором у подальшому розвитку глобальної транспортної системи. Мультимодальні перевезення втягують в єдиний перевізний процес різні види транспорту, промислові, торгівельні та експедиторські компанії. Це вимагає введення нових норм взаємодії, координації та контролю, концентрації виробництва і капіталу.

3. Для здійснення мультимодальних (інтермодальних) перевезень, що є найбільш ефективним способом відправлення вантажів на далекі відстані з використанням для доставки до місця призначення повітряного, морського, залізничного та автомобільного транспорту, для забезпечення якісного виконання логістичних ланцюгів транспортування, конструкція контейнерів під час їхньої експлуатації впродовж всього транспортного коридору має забезпечувати стабільні технічні характеристики та відповідати багатьом вимогам, що ураховують специфічні та задовольняють загальні умови перевезення різними видами транспорту.

4. Наведений в статті аналіз вимог нормативних документів стосовно конструкції контейнерів, умов їх використання, визначення характеристик надає підстави стверджувати, що виконання цих вимог є достатньою та необхідною умовою для забезпечення ефективного застосування контейнерів на усіх етапах життєвого циклу.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України Про перевезення небезпечних вантажів (Документ 1644-III) Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 28, ст. 222, Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>
2. Конвенція про міжнародні залізничні перевезення (КОТІФ) (Документ 994_291) Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_291#Text
3. Європейська Угода про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ) (Документ 994_217) Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_217#Text
4. Європейська угода про міжнародне перевезення небезпечних вантажів внутрішніми водними шляхами (ВОПНВ) (Документ 994_169) Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_169#Text
5. Наказ Міністерства транспорту України Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні, від 14.10.1997 № 363, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20 лютого 1998 р. за № 128/2568 (Документ з0128-98), Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98#Text>
6. Наказ Міністерства транспорту України Про затвердження окремих розділів Правил перевезення вантажів 21.11.2000 № 644, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 листопада 2000 р. за № 861/5082 (Документ з0861-00), Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0861-00#Text>
7. ДСТУ ISO 1496-1:2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробовування. Частина 1. Контейнери загальної призначеності універсальні (ISO 1496-1:1990, IDT), Київ, 2014. 34 с.
8. ДСТУ ISO 1496-2: 2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 2. Ізотермічні контейнери (ISO 1496-2:2008, IDT), Київ, 2014. 57 с.
9. ДСТУ ISO 1496-3:2013 Вантажні контейнери серії 1. Технічні вимоги та методи випробування. Частина 3. Контейнери – цистерни для рідин, газів і сипких вантажів під тиском (ISO 1496-3:1995, IDT + ISO 1496-3:1995), Київ, 2014. 30 с.
10. ДСТУ ISO 1496-4:2015 Вантажні контейнери серії 1. Технічні умови та випробування. Частина 4. Контейнери для насипних вантажів, що перебувають під нормальним тиском (ISO 1496-4:1991; Amd 1:1994; Cor 1:2006, IDT), Київ, 2016. 50 с.
11. ДСТУ ISO 1496-5:2015 Вантажні контейнери серії 1. Частина 5. Контейнери-платформи і контейнери на базі платформи (ISO 1496-5:1991; Amd 1:1993; Amd 2:1994, IDT), Київ, 2016. 61 с.
12. ДСТУ ISO 668:2015 Вантажні контейнери серії 1. Класифікація, розміри та номінальні характеристики, Київ, 2016. 23 с.
13. ДСТУ ISO 1161:2015 Вантажні контейнери серії 1. Фітинги кутові. Технічні умови, Київ, 2016. 44 с.
14. ДСТУ ISO 8323:2015 Вантажні контейнери. Контейнери універсальні (інтермодальні) для повітряних і наземних перевезень. Технічні умови і методи випробувань, Київ, 2016. 45 с.
15. ДСТУ ISO 17712:2015 Вантажні контейнери. Ущільнювачі механічні, Київ, 2016. 36 с.
16. ДСТУ ISO 3874:2015 Вантажні контейнери серії 1. Користування та закріплення, Київ, 2016. 104 с.
17. ГОСТ 30302-95 Контейнеры специализированные. Типы, основные параметры и размеры (Контейнери спеціалізовані. Типи, основні параметри і розміри), Мінськ, 2000. 8 с.
18. ГОСТ 4.50-78 Система показателей качества продукции. Контейнеры грузовые. Номенклатура показателей (Система показників якості продукції. Контейнери вантажні. Номенклатура показників), Москва, 2004. 11 с.
19. ГОСТ 15102-75 Контейнер универсальный металлический закрытый номинальной массой брутто 5,0 т. Технические условия (Контейнер універсальний металевий закритий номінальною масою брутто 5,0 т. Технічні умови), Москва, 2004. 6 с.
20. ГОСТ 18477-79 Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры (Контейнери універсальні. Типи, основні параметри і розміри), Москва, 2004. 12 с.
21. ГОСТ 20259-80 Контейнеры универсальные. Общие технические условия (Контейнери універсальні. Загальні технічні умови), Москва, 2002. 19 с.
22. ГОСТ 20260-80 Контейнеры универсальные. Правила приемки. Методы испытаний (Контейнери універсальні. Правила приймання. Методи випробувань), Москва, 1986. 22 с.
23. ГОСТ 20527-82 Фитинги угловые крупнотоннажных контейнеров. Конструкция и размеры (Фітинги кутові великотоннажних контейнерів. Конструкція та розміри), Москва, 2004. 10 с.
24. ГОСТ 31281-2004 Устройства запорно-пломбировочные для транспорта и контейнеров общего и специального назначения. Общие технические требования (Пристрої запірні - пломбувальні для транспорту і контейнерів загального та спеціального призначення. Загальні технічні умови), Москва, 2011. 16 с.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- 25 ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво, Київ, 2017. 36 с.
- 26 ДСТУ 3973-2000 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення, Київ, 2001. 23 с.
- 27 ДСТУ 3974-2000 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення, Київ, 2001. 39 с.
- 28 Закон України Про мультимодальні перевезення (Документ 1887-IX, чинний, поточна редакція – Прийняття від 17.11.2021, режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>)
- 29 ДСТУ ISO 830:2015 (ISO 830:1999; Cor 1:2001, IDT) Контейнери вантажні. Словник термінів, Київ, 2016. 41 с.
- 30 Международная Конвенция по безопасным контейнерам, 1972 г. (режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1900315>)
- 31 Таможенная конвенция, касающаяся контейнеров, 1972 г. (режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/901765798>)
- 32 ДСТУ ISO 4128:2015 (ISO 4128:1985, IDT) Авіація. Контейнери модульні вантажні, Київ, 2016. 21 с.
- 33 Митна конвенція про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП (Конвенція МДП) 1975 року, (Документ 995_012, чинний, поточна редакція — Редакція від 29.05.2008, підстава - у [687342-08](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_012#Text) Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_012#Text)

Zh.O. Semko

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

REQUIREMENTS OF REGULATORY DOCUMENTS FOR CONTAINERS FOR CARGO RAILWAY TRANSPORTATION

The current state of production, regardless of its general or specific characteristics, requires a large number of interrelated actions are concerned the processes of obtaining raw materials, manufacturing, transportation of manufactured products to their destination. Different types of transport are involved in the process of product transportation air transport, rail transport, road transport, sea transport, river transport. On the one hand such diversity provides conditions for manufacturers to choose a particular mode of transport in terms of time and cost of delivery, storage conditions, but on the other hand it is clear that the number of modes of transport directly affects the number of transshipments from one vehicle to another. Such actions significantly increase the cost of transportation, hence the cost and final price of the product.

To reduce transportation costs, especially when it comes to delivering products by several modes of transport over very long distances, created a so-called combined transport system that promotes to deliver products to their destination using containers, the design of which allows them to be applied all modes of transport.

The use of universal containers, in which you can load a certain batch of artificial, or a certain amount of bulk cargo, saves time on overloading a unit of production. In addition, the use of specialized containers (for transportation of gaseous or liquid cargo, cars, non-standard equipment, etc.) allows to provide special storage conditions for cargo, which is very important for any consumer.

Compliance with the requirements of normative documents (international agreements, regulations, standards, technical conditions) that apply to containers of any type, in terms of ensuring the safety of transported goods, becomes a very important need and condition.

In addition, the correct choice of the regulatory document (s) to which the container will correspond will allow it to be used for transport across the 1520 mm and 1435 mm tracks, as well as in intermodal transport, as well as for conformity assessment, certification) of its indicators to the established requirements.

Key words: combined transport system, types of containers, sizes and technical characteristics of containers, number of overloads, types of transport.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy Pro perevezennia nebezpechnykh vantazhiv [Law of Ukraine on Transportation of Dangerous Goods] (Dokument 1644-III) (2000). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR) - Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine (VVR)*, № 28, p. 222. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text> [in Ukrainian]
2. Konvenciia pro mizhnarodni zaliznychni perevezennia (KOTIF), do yakoi Ukraina pryednalasia vidpovidno do zakonu Ukrainy vid 5 chervnya 2003 r. № 943-IV [Convention concerning international railway transportation (COIRT), to which Ukraine has acceded in accordance with the Law of Ukraine from the 5th of June 2003, № 943-IV, (2003). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_291 [in Ukrainian]
3. Yevropeiska Ugoda pro mizhnarodne dorozhnie perevezennia nebezpechnykh vantazhiv (DOPNV), do yakoi Ukraina pryednalasia zgidno iz Zakonom Ukrainy vid 17 lystopada 2009 r. № 1727-VI [European Agreement concerning the international transportation of dangerous goods (TODG), to which Ukraine has acceded in accordance with the Law of Ukraine from the 17th of November, 2009, № 1727-VI], (2009). Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_217 [in Ukrainian]
4. Yevropeiska Ugoda pro mizhnarodne dorozhnie perevezennia nebezpechnykh vantazhiv vnutrishnimy vodnymi shliakhami (VOPNV), do yakoi Ukraina pryednalasia zgidno iz Zakonom Ukrainy vid 2 bereznia 2000 r. № 1511-III [European Agreement concerning the international transportation of dangerous goods by inland waterways (WWTP), to which Ukraine acceded in accordance with the Law of Ukraine from the 2nd of March, 2000, № 1511-III], (2000). – Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_169 [in Ukrainian]
5. Nakaz Ministerstva transportu Ukrainy Pro zatverdzhennia Pravyl perevezen vantazhiv avtomobilnym transportom v Ukraini, vid 14.10.1997 № 363, zareiestrovano v Ministerstvi yustytisii Ukrainy 20 liutoho 1998 r. za № 128/2568 [Order of the Ministry of transport of Ukraine of October 14, 1997 No. 363 "About approval of Rules of transportation of goods by road transport in Ukraine registered at the Ministry of Justice of Ukraine on February 20, 1998 under No. 128/2568] (Dokument z0128-98). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98#Text>
6. Nakaz Ministerstva transportu Ukrainy Pro zatverdzhennia okremykh rozdiliv Pravil perevezen vantazhiv 21.11.2000 № 644, zareiestrovano v Ministerstvi yustytisii Ukrainy 24 lystopada 2000 r. za № 861/5082 (Dokument z0861-00), [Order of the Ministry of Transport of Ukraine On approval of certain sections of the Rules of Carriage of Goods 2000, November 21 № 644, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on November 24, 2000 under No. 861/5082 (Document z0861-00)] Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0861-00#Text>
7. Vantazhni konteinery serii 1. Tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvannia. Chastyna 1. Konteinery zahalnoi pryznachenosti universalni (ISO 1496-1:1990, IDT) [Series 1 freight containers. Technical requirements and test methods. Part 1. General-purpose containers]. (2014). *DSTU ISO 1496-1:2013*. Kyiv [in Ukrainian]
8. Vantazhni konteinery serii 1. Tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvannia. Chastyna 2. Izotermichni konteinery (ISO 1496-2:2008, IDT) [Series 1 freight containers. Specification and testing. Part 2. Thermal containers]. (2014). *DSTU ISO 1496-2: 2013*. Kyiv [in Ukrainian]
9. Vantazhni konteinery serii 1. Tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvannia. Chastyna 3. Konteinery – tsystemnydlaridyn, haziv i sypykhyvantazhivpidtyskom (ISO 1496-3:1995, IDT + ISO 1496-3:1995, IDT) [Series 1 freight containers. Technical requirements and test methods. Part 3. Tank containers for liquids, gases and pressurized dry bulk]. (2014). *DSTU ISO 1496-3:2013*. Kyiv [in Ukrainian]
10. Vantazhni konteineryserii 1. Tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvannia. Chastyna 4. Konteinerydlianasypnykhyvantazhiv, shcho perebuvauiutpidnormalnymtyskom (ISO 1496-4:1991; Amd 1:1994; Cor 1:2006, IDT) [Series 1 freight containers. Specification and testing. Part 4. Non-pressurized containers for dry bulk], (2016). *DSTU ISO 1496-4:2015*. Kyiv [in English]

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

11. Vantazhni konteinyeri serii 1. Chastyna 5. Konteinyeri-platformy i konteinyeri na bazi platformy (ISO 1496-5:1991; Amd 1:1993; Amd 2:1994, IDT) [Series 1 freight containers. Specification and testing. Part 5. Platform and platform-based containers]. (2016). *DSTU ISO 1496-5:2015*. Kyiv [in English]
12. Vantazhni konteinyeri serii 1. Klasyfikatsia, rozmyry ta nominalni kharakterystyky [Series 1 freight containers. Classification, dimensions and ratings], (2016). *DSTU ISO 668:2015*. Kyiv [in English]
13. Vantazhni konteinyeri serii 1. Fitynhy kutovi. Tekhnichni umovy [Series 1 freight containers. Fittings. Specifications], (2016). *DSTU ISO 1161:2015*. Kyiv [in English]
14. Vantazhni konteinyeri. Konteinyeri universalni (intermodalni) dlia povitrianykh i nazemnykh perevezhen. Tekhnichni umovy i metody vyprobuvan [Freight Containers - Air/Surface (Intermodal) General Purpose Containers - Specification and Tests], (2016). *DSTU ISO 8323:2015*. Kyiv [in English]
15. Vantazhni konteinyeri. Ushchilniuvachi mekhanichni [Mechanical seals for freight containers. General technical requirements], (2016). *DSTU ISO 17712:2015*. Kyiv [in English]
16. Vantazhni konteinyeri serii 1. Korystuvannia ta zakriplennia [Series 1 freight containers. Handing and securing], (2016). *DSTU ISO 3874:2015*. Kyiv [in English]
17. Konteinyeri spetsializirovannye. Typy, osnovnyie parametry i razmiery [Special containers. Types, basic parameters and dimensions], (2000). *HOST 30302-95*. Moscow [in Russian]
18. Sistema pokazatelei kachestva produktsii. Konteinyeri hruzovye. Nomenklatura pokazatelei [Product-quality index system. Cargo containers. Index nomenclature]. (2004). *HOST 4.50-78*. Moscow [in Russian]
19. Konteiner universalnyi metallischeskii zakrytyi nominalnoi massoi brutto 5,0 t. Tekhnichni umovy [Universal metallic closed container of nominal gross mass 5,0 tn. Specifications], (2004). *HOST 15102-75*. Moscow. [in Russian]
20. Konteinyeri universalnye. Typy, osnovnye parametry s razmery [Universal containers. Types, basic parameters and dimensions], (2004). *HOST 18477-79*. Moscow [in Russian]
21. Konteinyeri universalnye. Obshchie tekhnichieskie umovy [Universal containers. General specifications]. (2002). *HOST 20259-80*. [in Russian]
22. Konteinyeri univiersalnye. Pravila priemki. Metody ispytani [Universal containers. Acceptance rules. Test methods], (1986). *HOST 20260-80*. Moscow [in Russian]
23. Fitinhi uglovyye krupnotonnashnykh konteinerov. Konstruktsia i razmery [Angle fittings for gross weight freight containers. Design and dimensions]. (2004). *HOST 20527-8*. Moscow [in Russian]
24. Ustroistva zaporno-plombirovochnyye dlia transporta i konteinerov obshcheho i spetsialnoho naznachenii. Obshchiie tekhnichieskie trebovaniia [Locking-sealing devices for transport and general and special purposes containers. General technical requirements]. (2011). *HOST 31281-2004*. Moscow [in Russian]
25. Systema rozroblennia ta postanovlennia produktsii na vyrobnytstvo. Zaliznychnyi rukhomiy sklad. Poriadok rozroblennia ta postanovlennia na vyrobnytstvo [System of development and launching into manufacture. Railway rolling stock. Procedure of development and launching into manufacture]. (2017). *DSTU HOST 15.902:2017*. Kyiv [in Russian]
26. Systema rozroblennia ta postavlennia produktsii na vyrobnytstvo. Pravyla vykonannia naukovo-doslidnykh robot. Zahalni polozhennia [System of product development and launching into manufacture procedure of scientific researches and development. basic principles]. (2001). *DSTU 3973-2000*. Kyiv [in Ukrainian] [in Russian]
27. Systema rozroblennia ta postavlennia produktsii na vyrobnytstvo. Pravyla vykonannia doslidno-konstruktorskykh robot. Zahalni polozhennia [System of product development and launching into manufacture. Procedures of experimental and design works. Basic principles]. (2001). *DSTU 3974-2000*. Kyiv [in Ukrainian] [in Russian]
28. Zakon Ukrainy Pro multimodalni perevezennia, Dokument 1887-IX, [Law of Ukraine “About multi-modal transportations”, Document 1887-IX,], *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR) - - Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine (VVR)*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>
29. Konteinyeri vantazhni. Slovyk terminiv [Freight containers. Vocabulary. (2016). *DSTU ISO 830:2015 (ISO 830:1999; Cor 1:2001, IDT)*. Kyiv [in English]
30. *Mezhdunarodnaia Konventsia po bezopasnym konteineram [International Convention for Safe Containers]*. (1972). Retrieved from: <https://docs.cntd.ru/document/1900315>
31. *Tamozhennaia konventsia, kasaiushchiasia konteinerov [Customs Convention on Containers]* (1972) Retrieved from: <https://docs.cntd.ru/document/901765798>
32. Aviatsia. Konteinyeri modulni vantashni [Aircraft. Air mode modular containers]. (2016). *DSTU ISO 4128:2015 (ISO 4128:1985, IDT)*. Kyiv [in English]
33. Mytna konventsiaipro mishnarodne perevezenniavantashiv iz zastosuvanniam knyshky MDP (Konventsia MDP) 1975 roku, chynnyi, potochna redaktsia vid 29.05.2008, pidstava - v_687342-08 [Customs Convention on the International Transport of Goods under Cover of TIR Carnets (TIR Convention). Geneva, 14 November 1975] (Dokument 995_012). valid of May 29, 2008, based on v_687342-08. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_012#Text [in Ukrainian].

О.М. Сафронов*

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60324, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5865-7751>

Ю.Я. Водянніков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 61324, E-mail: vodyann@i.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

К.Л. Жихарцев

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: kostyakremenchuk@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8981-6369>

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ГІРКОВОГО БАШМАКА ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З РУХОМИМ СКЛАДОМ ПІДВИЩЕНОГО ОСЬОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Дослідження стосуються гальмівних гіркових башмаків, призначених для гальмування вантажних та інших типів залізничних вагонів на сортувальних гірках, передгіркових коліях, маневрових витяжках та напівгірках, також можуть використовуватися на зазначених об'єктах як закріплюючий башмак. Показано, що підвищення експлуатаційної надійності башмаків в умовах підвищення осьових навантажень вантажних вагонів потребує більш глибокого аналізу дослідження його міцності. Представлені результати досліджень взаємодії гіркового башмака та вагона як на площадці, так і на ухилах 3 % та 30 %. Наведено статистичні характеристики осьових зусиль, що діють на башмак. Показано, що зі збільшенням маси (осьового навантаження) вантажного вагона, осьове натиснення на гальмівний башмак може перевищувати максимальні допустимі значення. Встановлено: взаємодія вагона та башмака характеризується складним коливальним процесом башмака, який містить як низькочастотну, так і високочастотну складові зміни напружень у конструкції. Максимальне динамічне напруження в башмаці зафіксовано при накатуванні вагона на башмак зі швидкістю 6 км/год на спуску 3 %.

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Жихарцев К.Л., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Наведено гістограми розподілу осьових натискань на башмак та їх емпіричні ймовірності, а також статистичні характеристики.

Особливості зміни напружень залежно від виду зусиль, які діють в експлуатації, представлені у вигляді діаграм. Показано види основних пошкоджень гальмівних гіркових башмаків в експлуатації.

Ключові слова: гірковий башмак, напруження, пошкодження, осьове натиснення, гістограма, емпірична ймовірність, статистичні характеристики.

А.М. Сафронов*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +380 536(6) 60324, E-mail: safronov.am84@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5865-7751>

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина.

Телефон: +380 536(6) 61324, E-mail: vodyann@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

К.Л. Жихарцев

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: kostyakremenchuk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8981-6369>

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГОРОЧНОГО БАШМАКА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ

Исследования касаются тормозных горочных башмаков, предназначенных для торможения грузовых и других типов железнодорожных вагонов на сортировочных горках, предгорочных путях, маневровых вытяжках и полугорках, также могут использоваться на указанных объектах в качестве закрепляющего башмака. Показано, что повышение эксплуатационной надежности башмаков в условиях повышения осевых нагрузок грузовых вагонов требует более глубокого анализа исследования его прочности. Представлены результаты исследований взаимодействия горочного башмака и вагона как на площадке, так и на уклонах 3 ‰ и 30 ‰. Приведены статистические характеристики осевых усилий, действующих на башмак. Показано, что с увеличением массы (осевой нагрузки) грузового вагона осевое нажатие на тормозной башмак может превышать максимальные допустимые значения. Установлено: взаи-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

модель действия вагона и башмака характеризуется сложным колебательным процессом башмака, который содержит как низкочастотную, так и высокочастотную составляющие изменения напряжений в конструкции. Максимальные динамические напряжения в башмаке зафиксированы при накатывании вагона на башмак со скоростью 6 км/ч на спуске 3 ‰.

Приведены гистограммы распределения осевых нажатий на башмак и их эмпирические вероятности, а также статистические характеристики.

Особенности изменения напряжений в зависимости от усилий, которые действуют в эксплуатации, представлены в виде диаграмм. Показаны виды основных повреждений тормозных горочных башмаков в эксплуатации.

Ключевые слова: горочный башмак, напряжения, повреждения, осевое нажатие, гистограмма, эмпирическая вероятность, статистические характеристики.

Вступ. Зростаючий обсяг перевезень на залізницях пред'являє серйозні вимоги до збільшення переробної здатності гіркових сортувальних пристроїв, забезпечення їх надійності та безперебійної роботи. Сортувальні гірки як складова частина сортувальних пристроїв відіграють важливу роль у прискоренні доставки вантажів на підприємства, скороченні простою вагонів на станціях і є основним технічним засобом переробки вагонів та формування вантажних поїздів на сортувальних станціях.

Як показує практика, жодне з відомих серійних уповільнювальних пристроїв, через велику вартість і високі експлуатаційні витрати, не може ефективно застосовуватися на гірках малої потужності, яких існує велика кількість, оскільки пропускна здатність таких гірок спочатку розрахована на пропуск не більше 1500 вагонів на добу за середньої завантаженості типового уповільнювача великих гірок складає більше 3500 вагонів. В даний час гальмуванням відцепів на таких гірках керують вручну з використанням технології гіркового гальмівного башмака. У залізничному колійному господарстві широке застосування має гальмівний башмак, що складається з колодки з ручкою та полозу, який охоплює головку рейки (рис. 1).



Рис. 1. Башмак гальмівний гірковий

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Башмаки гальмівні гіркові призначені для гальмування вантажних та інших типів залізничних вагонів на сортувальних гірках, передгіркових коліях, маневрових витяжках та напівгірках, також можуть використовуватися на зазначених об'єктах як закріплюючий башмак. Башмак залізничний застосовується при формуванні поїздів на гірках під час розпуску вагонів і як засіб регулювання швидкості руху вагона на станціях, необладнаних автоматичними сповільнювачами. Весь принцип дії гальмівного башмака зводиться до заміни сили тертя кочення на силу тертя ковзання, у результаті чого відбувається гальмування, оскільки колісна пара припиняє своє обертання навколо осі. Зниження швидкості руху вагонів супроводжується юзом (ковзанням) гальмівного башмака, при цьому довжина юза може бути різною залежно від: зношування поверхонь тертя, маси вагона, осьового навантаження вагона, швидкості входу вагонів на башмак, погодних умов. За рахунок постійного впливу з боку вагона, тиску маси та стирання при юзі, гальмівний башмак дуже швидко піддається зносу і вимагає постійного контролю на технічну придатність, про що свідчать дефекти гальмівних гіркових башмаків в експлуатації, які наведені на рис. 2 [1].

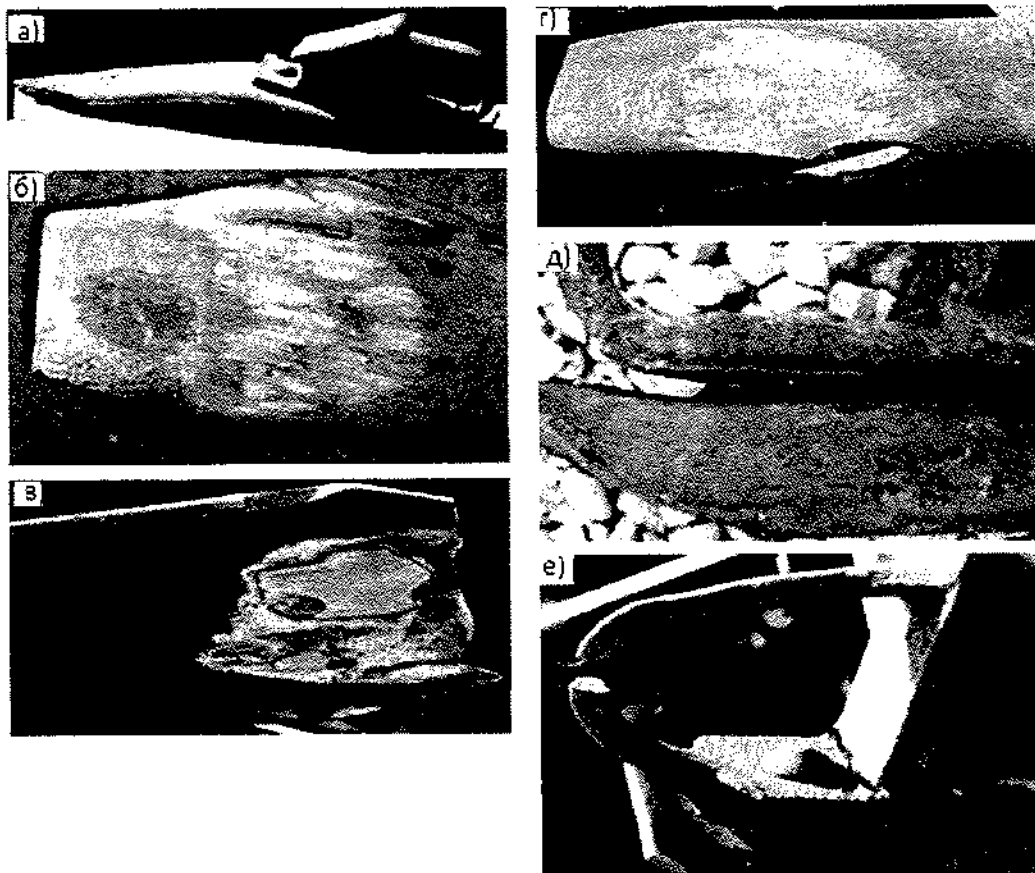


Рис. 2. Різновиди дефектів гальмівних гіркових башмаків в експлуатації:
а - деформація (короблення) полоза при проходженні башмакоскидувача; б - розгин бортів і тріщина біля носка полоза при проходженні башмакоскидувачів; в - тріщини і відрив носка полоза; г - відрив бортів внаслідок наїзду гребеня колеса на борт полоза; д - ослаблення опорної колодки, е - деформація та тріщини ручки та колодки після перекочування колеса через башмак

Крім того, не допускається використання башмака у разі наступних поломок:

1. З замерзлим і замасленим полозом.
2. Тормозна колодка, що лопнула.
3. Відсутність чи часткова поломка опорної пластини.
4. Вигнута та нерівна основа.
5. Носок полоза луснутий, вигнутий або на ньому є тріщина.
6. Кріплення гальмівної колодки до основи ослабло.
7. Рукоятка відсутня або перебуває в пошкодженому стані.

Аналіз останніх досліджень. У зв'язку з цим, основні напрями подальшого вдосконалення гіркових башмаків полягають у підвищенні їхньої експлуатаційної надійності. Так, у роботі [1] доводиться, що умови роботи гіркових та стоянкових гальмівних башмаків істотно різняться, та обґрунтовується необхідність застосування спеціалізованих гальмівних башмаків, окремо для гальмування відцепів та для закріплення поїздів. Наведено основні результати випробування дослідних зразків на Експериментальному кільці АТ «ВНДІЖТ», що дозволили внести корисні зміни до конструкції стоянкового башмака настановної серії. У 2015 р. спеціалістами АТ «ВНДІЖТ» та Центральної дирекції управління рухом ВАТ «РЗ» вперше розроблено технічні вимоги до спеціалізованого башмака для закріплення поїздів на станційних коліях та розроблено стоянковий башмак нової конструкції.

У статті [2] розглядаються та аналізуються результати розширених експлуатаційних випробувань залізничних гіркових башмаків підвищеної міцності та полегшеної конструкції у порівнянні з серійними башмаками на сортувальних гірках Лосиноострівської Московської залізниці, Ліхою Північно-Кавказької залізниці та Сольвичегодською Північною залізницею. Наводяться статистичні дані щодо кількості дослідних і серійних башмаків, що вийшли з ладу з причин відбраковування окремо по кожній станції і за трьома станціями в цілому. Аналізується ефект від змін, внесених у конструкцію та матеріал гальмівних гіркових башмаків (покращення їх експлуатаційних показників, підвищення ергономічності, зменшення відсотка відбраковування башмаків). Показано, що вдалося значно знизити кількість таких пошкоджень, як тріщина та відрив носка, розгин та відрив бортів, а короблення полозу повністю виключити. Вказується, що термін служби нових гальмівних башмаків підвищений більш ніж у два рази, порівняно з терміном служби серійних башмаків, що застосовуються нині. Подано пропозиції щодо подальшого вдосконалення конструкції гальмівного гіркового башмака з урахуванням результатів випробувань у важких умовах роботи на деяких немеханізованих сортувальних гірках.

Всі зазначені дослідження стосуються взаємодії гальмового башмака з вантажними вагонами з осьовим навантаженням 23,5 тс. Разом з тим, збільшення осьового навантаження вантажних вагонів до 30 тс вимагає більш глибокого аналізу силової взаємодії гальмівного башмака і вантажного вагона.

Тому, метою роботи є оцінка зусиль та напружень, що виникають у конструкції башмака при взаємодії з вантажним вагоном підвищеного осьового навантаження.

Виклад основного матеріалу. Дослідженням піддавалися два башмаки, виготовлені відповідно до ТУ [3], що прийняті ВТК та пройшли приймально-здавальні випробування.

Відповідно до п.п 1.3.2, 1.3.3 [3], допустиме осьове навантаження від колеса вагона на башмак на станційних коліях з ухилом до 3 ‰ за швидкості накатування вагона 6 км/год не повинна перевищувати 28 тс (275 кН), при роботі на

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

сортувальних гірках та маневрових роботах з ухилом шляху до 30 ‰ – 14 тс (140 кН).

Перед початком випробувань, на башмаки було наклеєно чотири тензорезистори типу 2ПКБ-20-200В симетрично щодо дії осьової сили. Тарування тензорезисторів проводилося на спеціальному стенді шляхом докладання осьових зусиль від 0 до 294,3 кН (30 тс) з інтервалом 19,62 кН (2 тс).

Осьове натиснення на гальмівний гірковий башмак на спуску 3 ‰ визначалося при накочуванні на башмак одиночного вагона масою 90 тс при швидкості руху 6 км/год (рис. 3). Зусилля визначалися за допомогою тарувальних графіків силівимірювачів. Для розгону вагона до необхідної швидкості використовувався маневровий локомотив.



Рис. 3. Накочування вагона на башмак

Запис процесів взаємодії башмака і вагона проводилася від початку натиснення колеса на полоз башмака до повної зупинки вагона.

Осьове натиснення на башмак на ухилі до 30 ‰ визначалося як при статичному, так і динамічному впливі при наступних видах навантаження:

- під час оцінки впливу статичного навантаження, під одне з коліс загальмованого зчепу у складі навантаженого вагона та локомотива встановлювався башмак після чого гальма повністю відпускалися (рис. 4);
- динамічні навантаження на башмак створювалися шляхом накочування зчепу у складі завантаженого вагона та локомотива, який на початку дослідів знаходився на відстані двох метрів від башмака.

Кількість дослідів приймалося рівним щонайменше 5.

Амплітуди осьових сил піддавалися статистичній обробці з метою відсіву значень, які не потрапляють у статистичну закономірність та обумовлені факторами, що виходять за границю фізичного процесу.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Випадкова величина відсівається, якщо для неї виконується нерівність [4]:

$$\frac{a_i^{\max(\min)} - m}{s} > T_{p,n} \quad (1)$$

де $a_i^{\max(\min)}$ - максимальне (мінімальне) значення вибіркової сукупності

випадкових величин;

m - математичне очікування вимірних значень;

s - середньоквадратичне відхилення;

$T_{p,n}$ - критичне значення T_p (p - вибіркова процентна точка нормованого відхилення), обумовлене критичним значенням розподілу Стюдента $d_{p,n-2}$ [5].



Рис. 4. Статичне навантаження башмака

$$T_{p,n} = \frac{d_{p,n-2} \sqrt{n-1}}{\sqrt{n-2 + d_{p,n-1}^2}} \quad (2)$$

де $d_{p,n-2}$ – відсоткові точки T- розподілу Стюдента.

Статистична обробка досліджуваних процесів полягала у визначенні:

- математичного очікування.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\bar{m}_{\Delta_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} h_{ij}}{n_i}, \quad (3)$$

- середньоквадратичного відхилення

$$S_{\Delta_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (h_{ij} - m_{\Delta_i})^2}{n_i - 1}}. \quad (4)$$

де h_{ij} – значення j -ої випадкового розміру в i -му інтервалі;

n_i – кількість вимірювань у i -му інтервалі;

m_{Δ_i} – математичне очікування випадкового розміру в i -му інтервалі.

Випадкові розміри у кожному тимчасовому зрізі групувалися на класи (інтервали) за правилом Штюргеса [6]:

$$k \approx 1 + \lg(n_{ij}) \quad (5)$$

де k – кількість класів.

Перевірка нульової гіпотези про рівність (однорідність) середніх оцінюється за допомогою критерію Стюдена.

Оцінкою σ^2 служить вибіркова повна (загальна) дисперсія S^2 , а інтервальною оцінкою математичного очікування a – вибіркоче загальне середнє \bar{m}_{Δ_i} . Довірчі

інтервали для a та σ^2 для $p = \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1$ ступенів свободи визначалися з виразів:

$$\bar{m}_{\Delta_i} - \frac{S_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij}}} t_{\alpha,p} < a < \bar{m}_{\Delta_i} + \frac{S_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij}}} t_{\alpha,p} \quad (6)$$

$$\frac{S_i^2 \left(\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1 \right)}{\chi_{P_1}^2} < \sigma^2 < \frac{S_i^2 \left(\sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} - 1 \right)}{\chi_{P_2}^2} \quad (7)$$

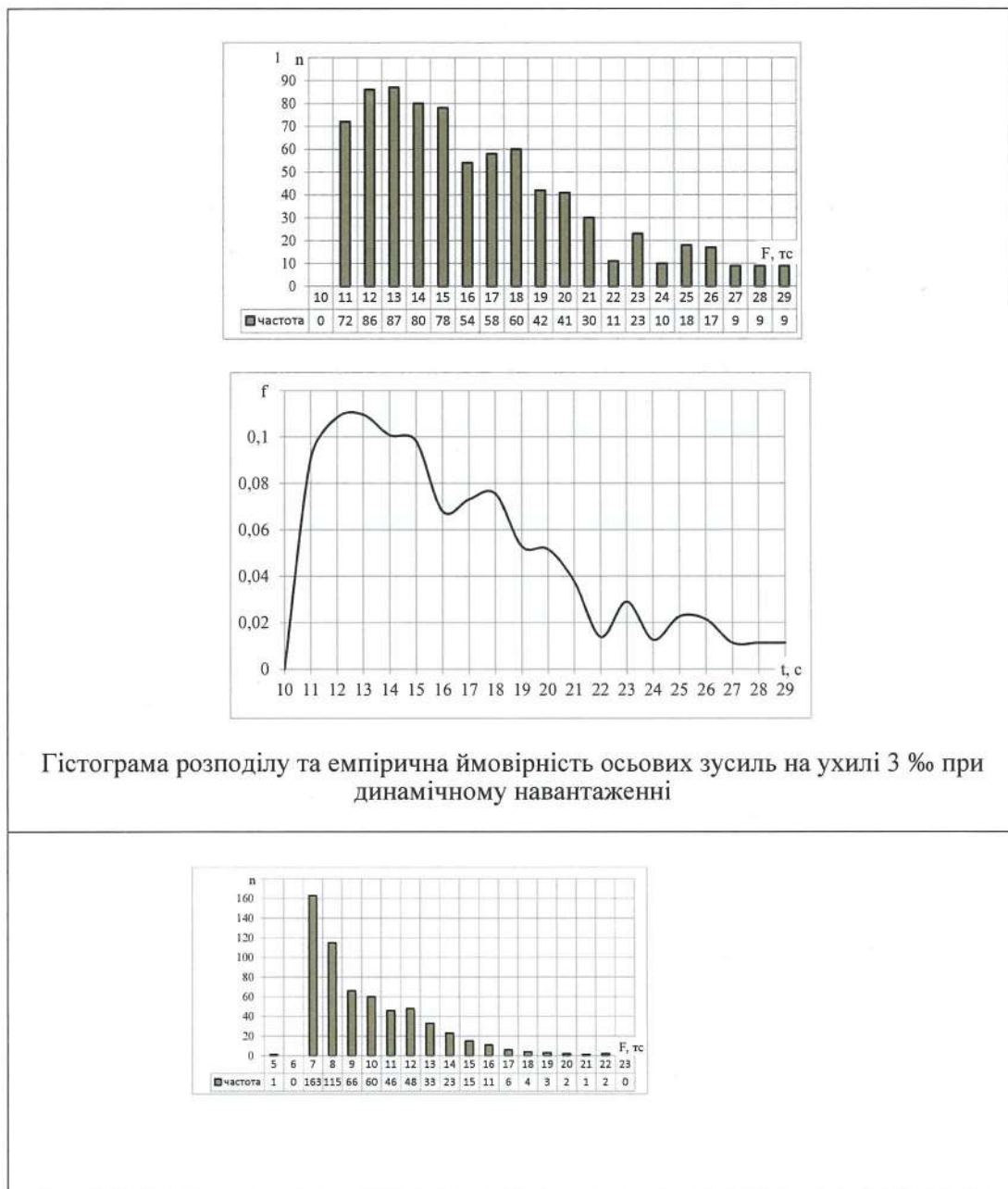
Значення $t_{\alpha,p}$, $\chi_{P_1}^2$ и $\chi_{P_2}^2$ визначаються за таблицями залежно від кількості ступенів свободи та вибіркового рівня довірчої ймовірності ($P=0,95$).

Гістограми розподілу осьових зусиль та емпірична ймовірність їх значень наведені у таблиці 1, а статистичні характеристики – у табл. 2. Максимальні осьові зусилля, що діють на башмак, виникають при накатуванні вагона зі швидкістю 6

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

км/год і можуть сягати 29 тс (див. табл. 1).

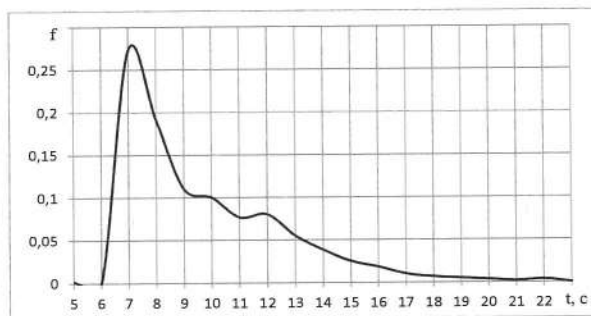
Таблиця 1. Гістограми та емпіричні ймовірності розподілу осьових зусиль



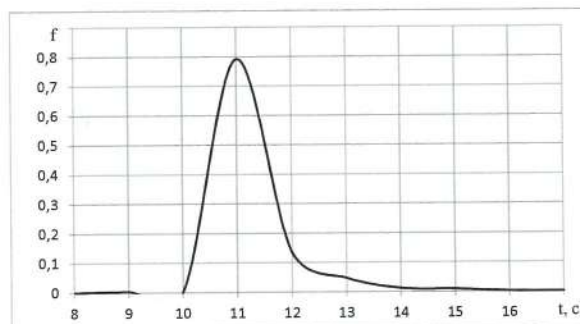
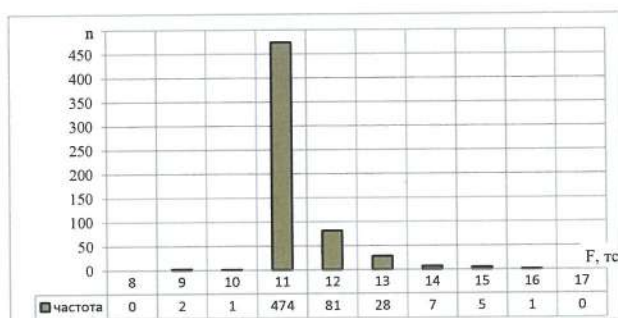
Гістограма розподілу та емпірична ймовірність осьових зусиль на ухилі 3 ‰ при динамічному навантаженні

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл.1



Гістограма розподілу та емпірична ймовірність осьових зусиль на ухилі 30 % при динамічному навантаженні



Гістограма розподілу та емпірична ймовірність осьових зусиль на ухилі 30 % при статичному навантаженні

Таблиця 2. - Результати статистичної обробки

Ухил	Математичне очікування, тс	Середньоквадратичне відхилення, тс	Довірчий інтервал математичного очікування (0,95)	Максимальні значення, тс
до 3%	16,089	4,69	15,71 - 16,46	25,48
30%	10,747	0,767	10,68 - 10,80	13,05

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз проведених досліджень показав, що взаємодія башмака і вагона характеризується високочастотними коливаннями амплітуд напружень і супроводжується нагріванням башмака. Так, під час накочування вагона на башмак зі швидкістю 6 км/год на спуску до 3 ‰, максимальне значення напруження в башмаці при силовому впливі не перевищила 180 МПа, а максимальні амплітуди напружень склали близько 250 МПа (рис. 5). Характер силової дії у разі статичного навантаження на ухилі 30 ‰ представлений на рис. 6, динамічного – на рис. 7.

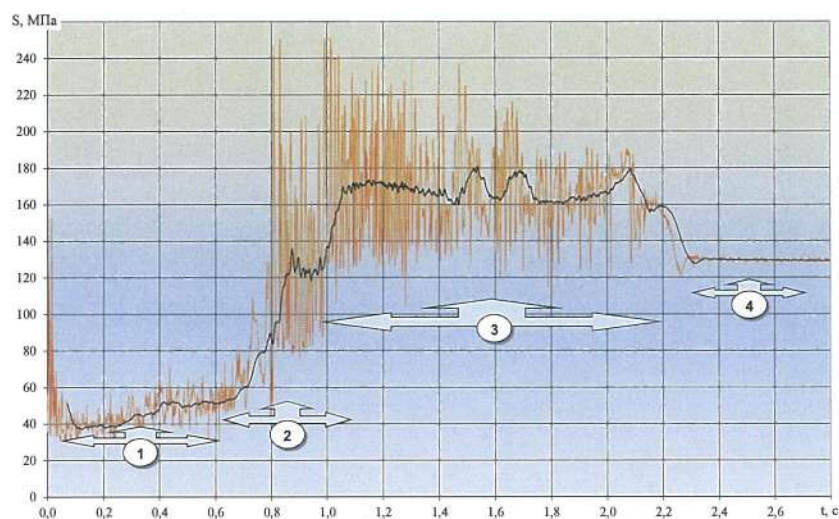


Рис.5. Процес зміни динамічного напруження в башмаку при накочуванні вагона на спуску до 3‰ зі швидкістю 6 км/год:

1 - накочування колеса на підшву башмака; 2 - накочування колеса на опорну поверхню корпусу башмака; 3 – повний контакт колеса з опорною поверхнею корпусу башмака; 4 – зупинка вагона

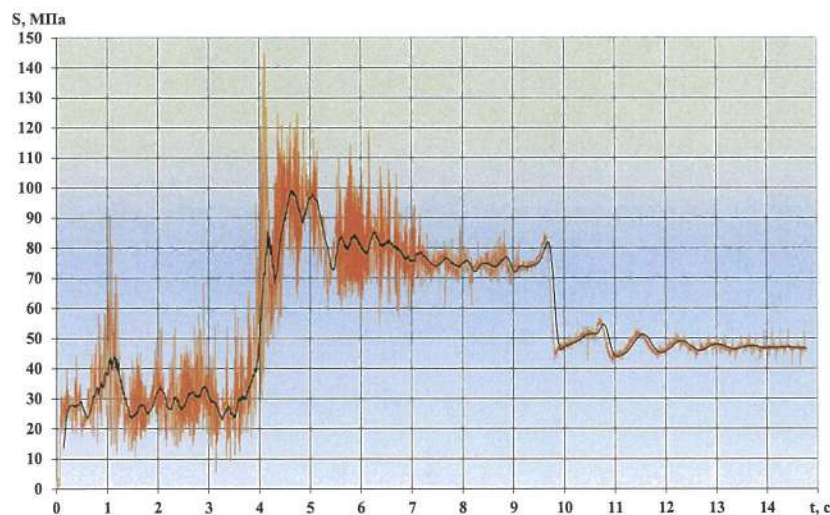


Рис. 6. Розподіл напружень у башмаку при накатуванні вагона на ухилі до 30 ‰

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

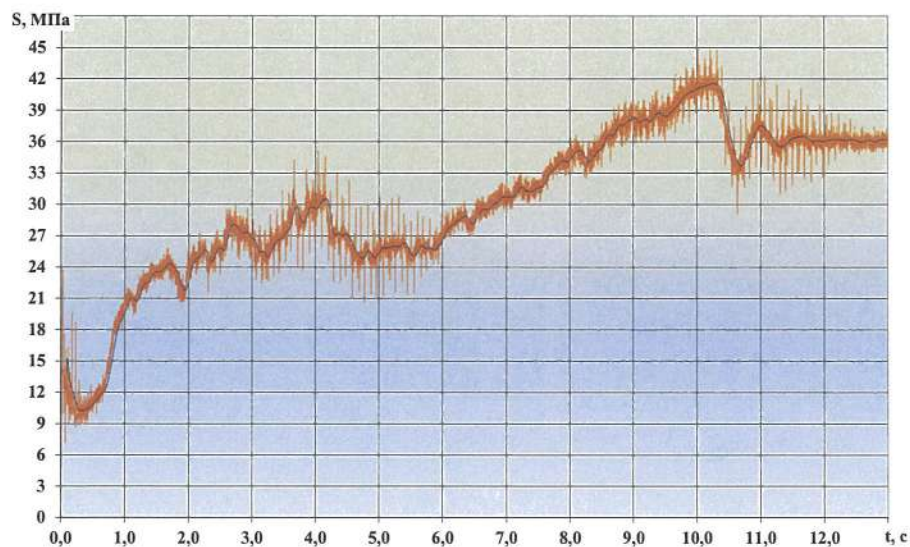


Рис. 7. Діаграма зміни напружень в башмаку при утриманні вагона на спуску 30 ‰ (статичний вплив).

Під час накатування вагона на спуску 30 ‰ максимальні амплітуди напружень склали близько 150 МПа (рис. 6), а при статичному навантаженні – 45 МПа (рис. 7). Амплітуди напружень на площадці не перевищують 70 МПа (рис. 8).

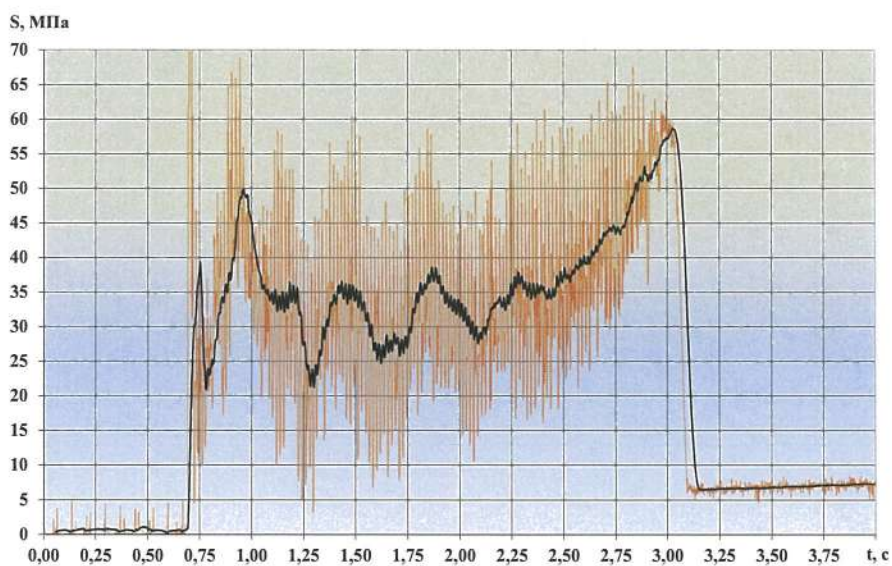


Рис. 8. Процес зміни динамічних напружень у башмаку при накатуванні вагона на площадці

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Осьові натиснення на башмак в залежності від осьової сили вантажного вагона в межах (23,5 – 30) тс/вісь перераховувалися виходячи з лінійної залежності маси вагона та осьового натиснення на башмак, результати яких наведені на рис. 9.

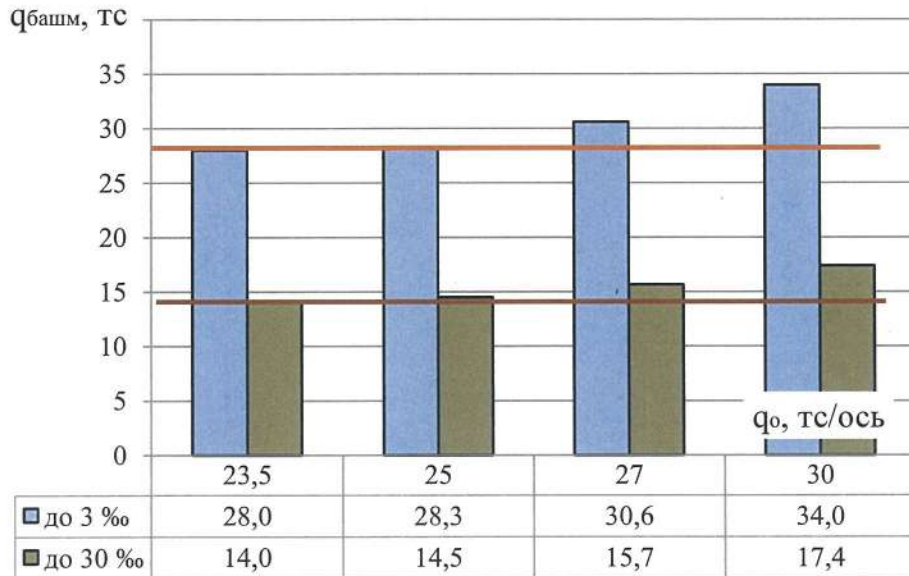


Рис. 9. Осьове натиснення на гальмівний гірковий башмак залежно від осьової сили вантажного вагона

Висновки.

На підставі виконаних досліджень встановлено:

1. Взаємодія вагона і башмака характеризується складним коливальним процесом, який містить низькочастотні та високочастотні складові амплітуд напружень.
2. За певних умов температурні напруження можуть перевищити динамічні.
3. Максимальні осьові навантаження для даної конструкції башмака не перевищують 26 тс та 13 тс відповідно на ухилах до 3 % і 30 % [3].
4. Максимальні динамічні напруження в башмаку зафіксовані при накочуванні вагона на башмак зі швидкістю 6 км/год.
5. Осьове натиснення на гальмівний гірковий башмак зі збільшенням осьового навантаження вагона перевищуватиме нормовані значення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стояночные тормозные башмаки для закрепления подвижного состава на станционных путях. Полигонные испытания / Д.П. Марков., И.Н. Воронин, Н.П. Шипулин, В.И. Маршев, А.В. Сухов, М.В. Забавина, В.В. Гузанов, А.В. Куминов. Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. №5. С. 308–317.
2. Расширенные эксплуатационные испытания железнодорожных тормозных горочных башмаков новой конструкции / М. В. Забавина, Д.П. Марков, С.А. Сапожников, Ж.Г. Воробьева, И.Н. Воронин, В.И. Маршев. Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 4. с. 33-38.
3. ТУ У 35.2-05786152-065-2003. Башмак гальмовий гірковий. Технічні умови. Введ. 05.06.2003. Київ. 26 с.

4. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. М.: Машиностроение, 1985. 203 с.
5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: "Высшая школа", 1988. 178 с.
6. Закс Лотар. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976.
7. Тензометрия. Политехнический словарь / Ишлинский А. Ю. и др.. 3 изд., перераб. и доп. М.: Советская энциклопедия, 1989. С. 523-656 с.

O.M. Safronov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute"
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: +380 536(6) 60324, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5865-7751>

Y.Y. Vodiannikov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute"
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: +380 536(6) 60324, E-mail: vodyann@i.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

K.L. Zhikhartsev

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute"
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine.
Tel.: +380 536(6) 60324, E-mail: kostyakremenchuk@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8981-6369>

STUDY OF THE DYNAMIC LOADING OF THE HUMP BRAKE SHOES DURING INTERACTION WITH ROLLING STOCK

The studies concern brake hump shoes designed for braking freight and other types of railway cars on marshalling yards, foothill tracks, shunting hoods and half-hills, and can also be used at these facilities as a fixing shoe. It is shown that increasing the operational reliability of shoes in the conditions of increasing axial loads of freight cars requires a deeper analysis of the study of its strength. The results of studies of the interaction of the hump shoe and the car both on the site and on slopes of 3 ‰ and 30 ‰ are presented. Statistical characteristics of axial forces acting on the shoe are given. It is shown that with an increase in the mass (axial load) of a freight car, the axial pressure on the brake shoe may exceed the maximum allowable values. It has been established that the interaction of the car and the shoe is characterized by a complex oscillatory process of the shoe, which contains both low-frequency and high-frequency components of stress changes in the structure. The maximum dynamic stresses in the shoe were recorded when the car rolled onto the shoe at a speed of 6 km/h on a descent of 3 ‰. Histograms of the distribution of axial pressings on the shoe and their empirical probabilities, as well as statistical characteristics are given. Features of stress

changes depending on the forces that act in operation are presented in the form of diagrams. Shows the types of major damage to the brake hump shoes in operation.

Keywords: brake hump shoe, damage, axial pressure, histogram, empirical probability, statistical characteristics, stresses.

REFERENCES

1. Markov D.P., Voronin I.N., Shipulin N.P., Marshev V.I., Suhov A.V., Zabavina M.V., Guzanov, A.V., Kuminov V.V. (2016). Stoyanochnye tormoznye bashmaki dlya zakrepleniya podvizhnogo sostava na stacionnyh putyah. Poligonnye ispytaniya [Parking brake shoes for securing the rolling stock on the station tracks. Field tests]. *Vestnik VNIIZhT – Bulletin VNIIZhT*. (Vols. 75), 5, 308–317 [in Russian]
2. Zabavina M. V., Markov D.P., Sapozhnikov S.A., Vorobyova Zh.G, Voronin I.N., Marshev V.I. (2015). Rasshirennye ekspluatatsionnye ispytaniya zheleznodorozhnyh tormoznyh gorochnyh bashmakov novoy konstrukcii [Extended performance testing of new design railway hump shoes]. *Vestnik VNIIZhT - Bulletin VNIIZhT*, 4, 33-38[in Russian]
3. Bashmak halmovyi hirkovyi. Tehnichni umovy [Hump brake shoe. Specifications]. TU U 35.2-05786152-065-2003 from 5-th June 2003 [in Ukrainian]
4. Stepanov M.N. (1985). Statisticheskie metody obrabotki rezultatov mekhanicheskikh ispytaniy: Spravochnik [Statistical methods for processing the results of mechanical tests: Handbook. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
5. Lvovskij E.N. (1988). Statisticheskie metody postroeniya empiricheskikh formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]. Moscow: "Vysshaya shkola" [in Russian]
6. Lotar Zaks. Statisticheskoe otsenivanie [Statistical evaluation]. (1976). Moscow: Statistika [in Russian]
7. Ishlinskij A. Yu. (1989). Tenzometriy. Politehnicheskij slovar [Tensometry. Polytechnic Dictionary] (3-d ed., rev.), 523. 656. Moscow: Sovetskaya enciklopediya [in Russian].

О.В. Бялобржеський*

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

А.І. Гладир

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

В.Ю. Ноженко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

**ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМІ КЕРОВАНИЙ
КОНДЕНСАТОРНИЙ НАКОПИЧУВАЧ – ДВИГУН ПОСТІЙНОГО
СТРУМУ**

На залізниці з системою тягового електропостачання змінного струму напругою 25кВ в переважній більшості експлуатуються локомотиви ВЛ-80. Електропривод більшості типів таких локомотивів забезпечує гальмування з рекуперацією. Для зниження перетоку енергії через тяговий трансформатор та контактну мережу розроблені технічні рішення пристроїв з накопичувачами енергії. Робота присвячена синтезу моделі системи керування конденсаторний накопичувач – двигун постійного струму тягового комплексу електровозу та дослідженню енергетичних процесів в ній. Запропонована схема системи для реалізації динамічних режимів тягового комплексу електровозу, що дозволяє забезпечити накопичення надлишкової енергії, яка виробляється електродвигуном в процесі гальмування, на конденсаторному накопичувачі та в її подальшому використанні в режимі розгону. Схема системи накопичення електричної енергії на конденсаторі забезпечує формування необхідного струму розгону/гальмування. Для цього в систему введено блок який за бажаною траєкторією зміни швидкості визначає відповідний динамічний момент та реалізує формування динамічного струму. Для дослідження енергетичних процесів в статичному та динамічному режимах розроблена математична модель у пакеті Matlab тягового електротехнічного комплексу з електродвигуном постійного струму НБ-418К6.

© Бялобржеський О.В., Гладир А.І., Ноженко В.Ю., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Зважаючи на високу механічну інерційність залізничного складу, для зменшення часу моделювання, виконано приведення моменту інерції. Модель дозволяє реалізувати режими розгону, сталого руху, гальмування електровоза та розраховувати енергетичні параметри: енергію рухомих мас електровозу, енергію конденсатора, втрати енергії якоря, корисну механічну енергію. У результаті попередніх експериментів отримані часові діаграми, які відбивають зміну електричних параметрів двигуна та енергетичних параметрів відповідних кіл.

За допомогою розробленої математичної моделі проведено низку експериментів з варіацією параметрів системи та досліджено енергетичні показники при зміні значень буферної індуктивності, ємності конденсатора та амплітуди пульсацій струму. У результаті аналізу проведених досліджень встановлено, що втрати якоря сильно залежать від величини буферної індуктивності, суттєва зміна амплітуди пульсацій струму та ємності конденсаторного накопичувача енергії викликає незначну зміну енергетичних показників.

Ключові слова: енергетичні показники, керований конденсаторний накопичувач, двигун постійного струму, тяговий комплекс електровозу.

А.В. Бялобржеский*

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

А.И. Гладыр

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

В.Ю. Ноженко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЯЕМЫЙ КОНДЕНСАТОРНЫЙ НАКОПИТЕЛЬ – ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

На железной дороге с системой тягового электроснабжения переменного тока напряжением 25кВ в большинстве случаев эксплуатируются локомотивы ВЛ-80. Электропривод большинства типов таких локомотивов обеспечивает торможение с рекуперацией. Для снижения перетока энергии через тяговый трансформатор и контактную сеть разработаны технические решения уст-

ройств с накопителями энергии. Работа посвящена синтезу модели системы управляемый конденсаторный накопитель – двигатель постоянного тока тягового комплекса электровоза и исследованию энергетических процессов в ней. Предложена схема системы для реализации динамических режимов тягового комплекса электровоза, позволяющая обеспечить накопление избыточной энергии, производимой электродвигателем в процессе торможения, на конденсаторном накопителе и в дальнейшем использовании в режиме разгона. Схема системы накопления электрической энергии на конденсаторе обеспечивает формирование требуемого тока разгона/торможения. Для этого в систему введен блок, который по желаемой траектории изменения скорости определяет соответствующий динамический момент и реализует формирование динамического тока. Для исследования энергетических процессов в статическом и динамическом режимах разработана математическая модель в пакете Matlab тягового электротехнического комплекса с электродвигателем постоянного тока НБ-418К6.

Ввиду высокой механической инерционности железнодорожного состава для уменьшения времени моделирования выполнено приведение момента инерции. Модель позволяет реализовать режимы разгона, устойчивого движения, торможения электровоза и рассчитывать энергетические параметры: энергию движущихся масс электровоза, энергию конденсатора, потери энергии якоря, полезную механическую энергию. В результате предварительных экспериментов получены временные диаграммы, отражающие изменение электрических параметров двигателя и энергетических параметров соответствующих цепей.

С помощью разработанной математической модели проведен ряд экспериментов с вариацией параметров системы и исследованы энергетические показатели при изменении значений буферной индуктивности, емкости конденсатора и амплитуды пульсаций тока. В результате анализа проведенных исследований установлено, что потери якоря сильно зависят от величины буферной индуктивности, существенное изменение амплитуды пульсаций тока и емкости накопителя конденсаторного энергии вызывает незначительное изменение энергетических показателей.

Ключевые слова: энергетические показатели, управляемый конденсаторный накопитель, двигатель постоянного тока, тяговый комплекс электровоза.

Вступ Залізничний транспорт – це не тільки споживач продукції паливно-енергетичного комплексу країни, але одночасно й технологічна ланка в колі виробництва, передачі та споживання електроенергії. Основну частину енергетичних витрат електрифікованих залізничних доріг складають витрати на тягу потягів. В разі цього ресурсо- та енергозберігаючі технології необхідно впроваджувати саме в системах електропоспоживання тягового електротехнічного комплексу.

Одними з основних причин підвищення енергетичних витрат в електротехнічних комплексах електровозів являються нерівномірний графік руху та нерівномірний режим енергоспоживання кожної одиниці електрорухомого складу [1]. Проблема нерівномірності енергоспоживання в тягових електротехнічних комплексах не зникає і при використанні режимів рекуперативного гальмування для часткового повернення енергії в первинну мережу за умов використання інверторів на тягових підстанціях [2]. Вирішити проблеми неузгодженості в режи-

мах роботи джерела живлення та споживача найбільш ефективно можливо за допомогою накопичувачів енергії, які дозволяють розділити в часі потрібні порції генерованої та споживаної потужностей [3].

Розповсюджені технічні рішення з підвищення якості електроспоживання тяговим електротехнічним комплексом електровоза за рахунок компенсації реактивної потужності [4], а також за рахунок накопичення електричної енергії [5]. При цьому авторами розглядаються узагальнені питання функціонування пропонуваніх рішень [6] або енергетичні показники відносно технічних параметрів локомотива [7]. Питання моделювання режимів та дослідження енергетичних процесів у системі накопичувач – двигун розглянуті недостатньо.

Мета роботи. Розробка математичної моделі та дослідження енергетичних процесів в системі керований конденсаторний накопичувач – двигун постійного струму.

Матеріали та результати досліджень. Електровози та електропотяги мають високі економічні показники і ряд технічних переваг у порівнянні з локомотивами інших видів. Найбільше поширення на мережі залізниць отримали серійні магістральні двосекційні електровози ВЛ80 всіх різновидів, обладнані колекторними тяговими електродвигунами. Даний тип електровоза є основним вантажним локомотивом залізничних ліній, електрифікованих на змінному струмі напругою 25 кВ та частотою 50 Гц. Ці електровози спочатку будувалися з установками, що перетворюють змінний струм високої напруги в постійний пульсуючий струм більш низької напруги з допомогою тягового трансформатора та ігнітотронних випрямлячів, а потім з кремнієвими випрямлячами.

Режими рекуперативного гальмування та пристрої, які їх реалізують, у серії ВЛ80 реалізовані в модифікації «р», для чого використаний випрямно-інверторний перетворювач ВП [8]. ВЛ80р одна з останніх модифікацій серії.

Основним ускладненням використання режиму рекуперативного гальмування є не перетворення кінетичної енергії в електричну і повернення її в контактну мережу, а здатність мережі прийняти цю додаткову енергію. Це можливо при споживанні енергії з мережі іншими транспортними засобами в режимі тяги або шляхом передачі її в трифазну мережу змінного струму. Для цього необхідно перетворювати постійну напругу в трифазне змінне, синхронізоване з мережею за частотою і амплітудою.

Всі зазначені недоліки можна усунути, оснастивши тягові підстанції ємнісними накопичувачами, які брали б надлишкову енергію гальмування з наступним поверненням її в контактну мережу при пуску і розгоні поїздів [9], але при цьому не виключаються витрати в мережі.

На рис. 1 приведена схема запропонованого пристрою для реалізації динамічних режимів тягового комплексу електровоза. Дана система дозволяє забезпечити накопичення надлишкової енергії, яка виробляється електродвигуном в процесі гальмування, на конденсаторному накопичувачі та в її подальшому використанні в режимі розгону.

У стаціонарному режимі живлення якірних обмоток двигунів здійснюється від тиристорного випрямно-інверторного перетворювача, з'єднаного через трансформатор напруги з мережею змінного струму через струмоприймач (пантограф).

Випрямна установка збудження подає на обмотки збудження тягових електродвигунів струм, близький до номінального струму. При постійній швидкості обертання двигунів і постійному струмі обмоток збудження тягових

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

двигунів кола якірних обмоток тягових двигунів являють собою джерела електрорушійної сили постійної напруги.

У динамічному режимі для реалізації гальмування (розгону) тиристорний випрямно-інверторний перетворювач блокується шляхом припинення формування імпульсів управління, блок керування конденсаторним накопичувачем енергії на підставі поточних значень струму та напруги якірних обмоток та струму конденсаторного накопичувача енергії, формує на виході сигнал управління конденсаторним накопичувачем енергії [10].

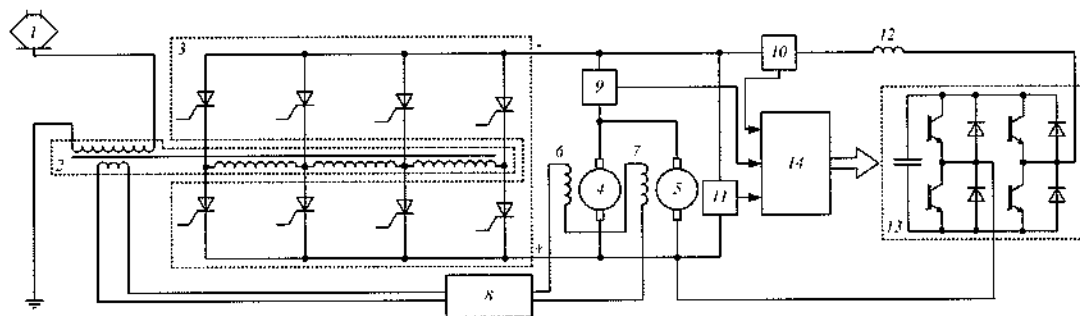


Рис. 1. Система для реалізації динамічних режимів тягового комплексу електровозу:

- 1 – пантограф; 2 – трансформатор напруги; 3 – тиристорний випрямно-інверторний перетворювач;
- 4 – якірні обмотка першого тягового двигуна; 5 – якірні обмотка другого тягового двигуна;
- 6 – обмотка збудження першого тягового двигуна; 7 – обмотка збудження другого тягового двигуна;
- 8 – випрямна установка збудження; 9 – датчик струму тягових двигунів; 10 – датчик струму конденсаторного накопичувача енергії; 11 – датчик напруги двигунів; 12 – реактор;
- 13 – конденсаторний накопичувач енергії; 14 – блок керування конденсаторним накопичувачем енергії

При цьому сигнал управління конденсаторним накопичувачем енергії формується виходячи з помилки:

$$\Delta i_{ces} = i_{ces}^{ref} - i_{ces} \quad (1)$$

де i_{ces}^{ref} – задане значення струму конденсаторного накопичувача енергії;
 i_{ces} – поточне значення струму конденсаторного накопичувача енергії.

Відповідно до цього напруга конденсаторного накопичувача енергії u_{ces} становить:

$$u_{ces} = \begin{cases} 1, & \text{при } \left(\Delta i_{ces} > HB, \frac{di_{ces}}{dt} > 0 \right) \cap \left(\Delta i_{ces} > -HB, \frac{di_{ces}}{dt} < 0 \right); \\ -1, & \text{при } \left(\Delta i_{ces} < -HB, \frac{di_{ces}}{dt} > 0 \right) \cap \left(\Delta i_{ces} > HB, \frac{di_{ces}}{dt} > 0 \right). \end{cases} \quad (2)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таким чином, забезпечуючи перемикання силових ключів конденсаторного накопичувача енергії, коли похибка перевищує фіксовану величину – зону гістерезису ($HB = 0,05i_{ces}^{ref}$). При цьому позитивні значення відповідають гальмуванню, а негативні – розгону. Критичне зниження напруги конденсатора може бути компенсовано його підзарядом від тиристорного перетворювача у статичному режимі.

На базі схеми рис. 1 в програмному пакеті Matlab розроблена математична модель тягового електротехнічного комплексу однієї секції електровозу для дослідження енергетичних процесів в статичному та динамічному режимах (рис. 2).

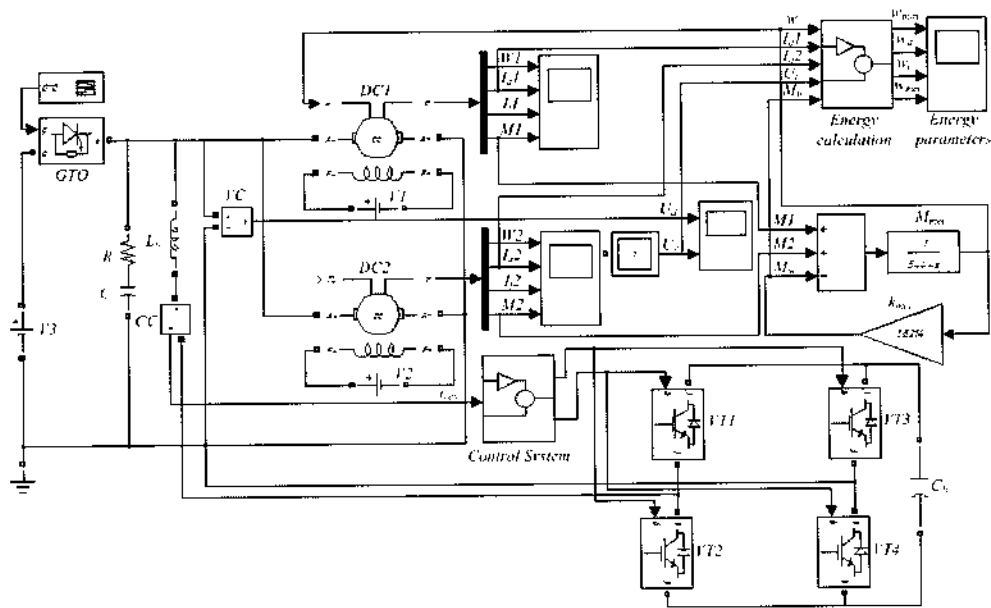


Рис. 2. Математична модель тягового електротехнічного комплексу однієї секції електровозу

Реальні тягові електродвигуни постійного струму НБ-418К6 потужністю 790 кВт з частотою обертів 890 об/хв та напругою 950 В у математичній моделі представлені блоками DC Machine. Порти моделей А+ і А- являються виводами обмотки якоря машин, а порти F+ та F- представляють собою виводи обмотки збудження. Порти TL призначені для подачі моменту опору руху. На вихідних портах m формуються векторні сигнали, що відображають вихідні параметри двигунів: частоту обертання, струм якоря, струм збудження та електромагнітний момент машин [11]. Якірні обмотки електричних машин (DC1, DC2) з'єднані паралельно, напруга якоря контролюється блоком VC. Обмотки збудження підключені до індивідуальних джерел постійної напруги (V1, V2). Живлення якірних кіл здійснюється блоком V3 через тиристор (GTO). Додатково для зниження високочастотних пульсацій введено пасивний фільтр RC.

Керований накопичувач, до складу якого входять транзистори VT1-VT4, конденсатор C_b , та індуктивність L_b , паралельно з'єднаний з якірними колами елек-

тричних машин. Керування транзисторами здійснюється блоком Control System (рис. 3) з урахуванням поточного струму i_{ces} , який вимірюється блоком СС.

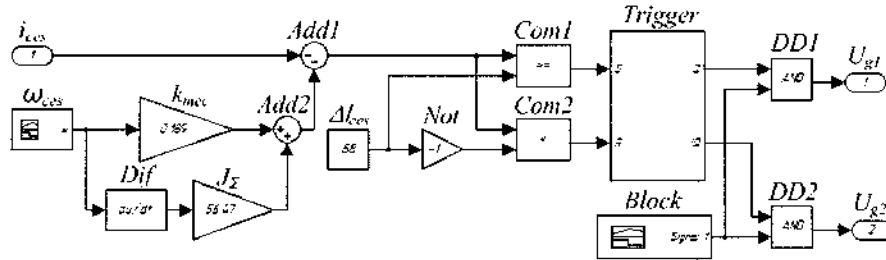


Рис. 3. Структура системи імпульсного керування Control system

У блоці Control System задається певна траєкторія зміни швидкості. На підставі того, з урахуванням коефіцієнту опору k_{mec} та приведеного моменту інерції J_{Σ} , визначається заданий струм:

$$i_{ces}^{ref} = \left[J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} + k_{mec} \omega \right] \frac{1}{k\Phi}, \quad (3)$$

де k_{mec} – коефіцієнт механічного опору двигунів; J_{Σ} – приведений момент інерції двигунів; $k\Phi$ – магнітний потік двигунів.

За отриманим значенням струму i_{ces}^{ref} та поточним i_{ces} відповідно до виразів (1) та (2) формуються напруги керування транзисторами U_{g1} та U_{g2} , які за необхідності блокуються завдяки логічним елементам DD1 та DD2 за командою елемента Block.

Додатково в модель введено блок розрахунку енергетичних параметрів Energy calculation (рис. 4):

- енергія рухомих мас електровозу $W_{mov} = J\omega^2/2$;
- енергія конденсатора $W_c = CU^2/2$;
- втрати енергії якоря $W_a = I^2 R$;
- корисна механічна енергія $W_{mec} = \int M \omega dt$.

У ході моделювання покладено: всі вентиля – ідеальні ключі з однобічною провідністю; пульсації випрямляча та його вихідного струму порівняно малі із постійною складовою; напруга, струм та частота обертання якоря пов'язані виразами відповідно рекомендацій [12]:

$$\begin{cases} u_a = L_a \frac{di_a}{dt} + i_a R_a + \omega_a k\Phi; \\ i_a = \frac{1}{k\Phi} \left(J \frac{d\omega_a}{dt} + k_m \omega_a \right). \end{cases} \quad (4)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де U_a – напруга якоря; L_a – індуктивність якоря; i_a – струм якоря; R_a – активний опір якоря; ω_a – частота обертання якоря.

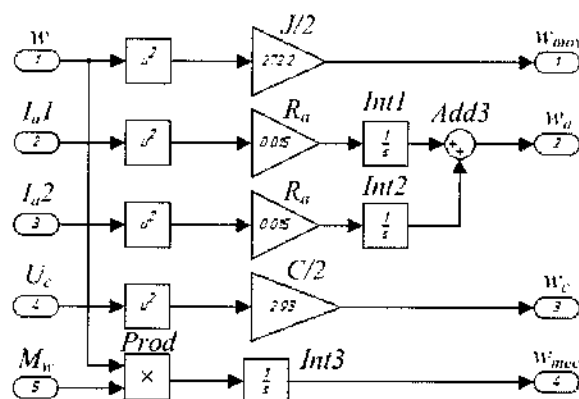


Рис. 4. Система для визначення енергетичних показників електровозу

У робочому режимі перетворювача VT1-VT4 $U_{g1} + U_{g2} = 1$, при цьому параметри режиму перетворювача пов'язані наступним чином:

$$\begin{cases} L \frac{di_{ces\ in}}{dt} = u_a - u_{ces\ in} = u_a - U_{g1} u_{c\ ces}; \\ C \frac{du_{c\ ces}}{dt} = i_{c\ ces} = U_{g1} i_{ces\ in}, \end{cases}$$

де $i_{ces\ in}$ – струм на вході конденсаторного накопичувача енергії; $u_{ces\ in}$ – напруга на вході конденсаторного накопичувача енергії; $u_{c\ ces}$ – напруга конденсаторного накопичувача; $i_{c\ ces}$ – струм конденсаторного накопичувача.

Виконано моделювання режиму зміни швидкості відповідно до рис. 5, а і отримано часові залежності струму та напруги якоря (рис. 5, б, в), а також зміна енергій (рис. 6). При цьому встановлені наступні параметри елементів конденсаторного накопичувача енергії: $L_b = L_a = 0,2$ мГн; $U_{cb} = 2,2U_a = 1995$ В; $C_b = 0,225$ Ф.

Для визначення впливу параметрів схеми конденсаторного накопичувача енергії на ефективність режиму досліджено енергетичні показники при зміні ΔI_{ces} , L_b та C_b . Було проведено наступні групи експериментів:

1. $\Delta I_{ces} = const = 0,88$ А, $L_b = 0,04 \dots 1$ мГн, $C_b = 0,225 \dots 1,125$ Ф.
2. $\Delta I_{ces} = 0,08 \dots 8,8$ А, $L_b = const = 0,2$ мГн, $C_b = 0,225 \dots 1,125$ Ф.
3. $\Delta I_{ces} = 0,08 \dots 8,8$ А, $L_b = 0,04 \dots 1$ мГн, $C_b = const = 0,225$ Ф.

За результатами експериментів були побудовані графіки залежностей (рис. 7–9), де позначено W_{cr} , W_{cg} – енергія конденсатора в режимі розгону та гальмування, відповідно; W_{movr} , W_{movg} – енергія рухомих мас електровозу в режимі розгону та гальмування, відповідно.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

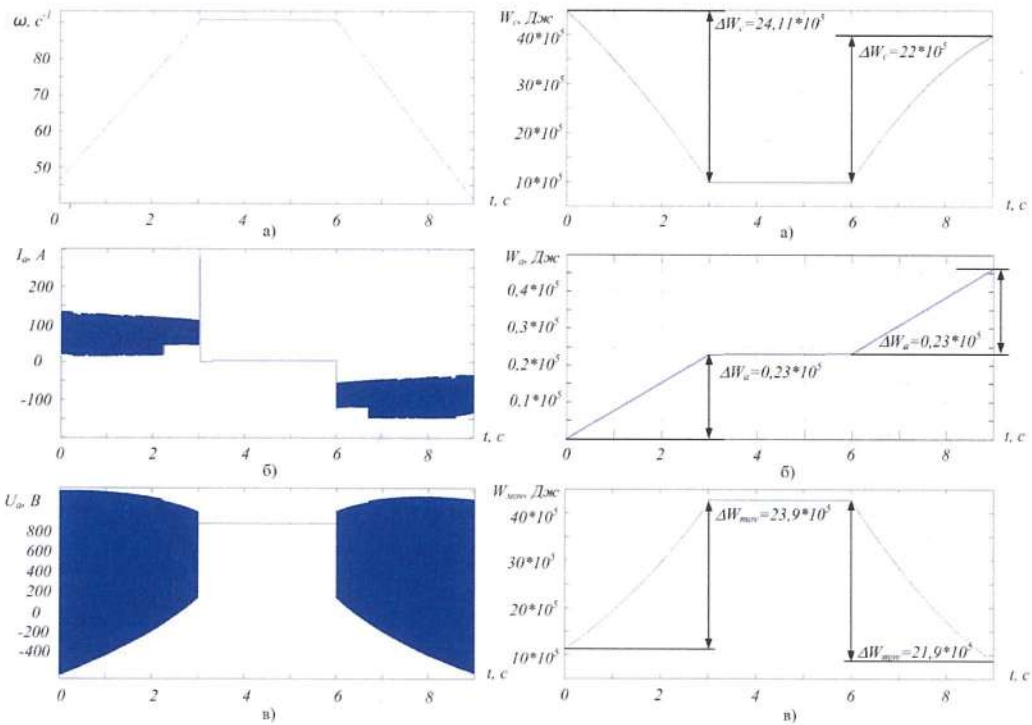


Рис. 5. Графіки перехідних процесів двигунів:
а – частоти обертання; б – струму;
в – напруги

Рис. 6. Енергетичні показники роботи системи:
а – енергія конденсатора; б – втрати якоря
в – корисна механічна енергія

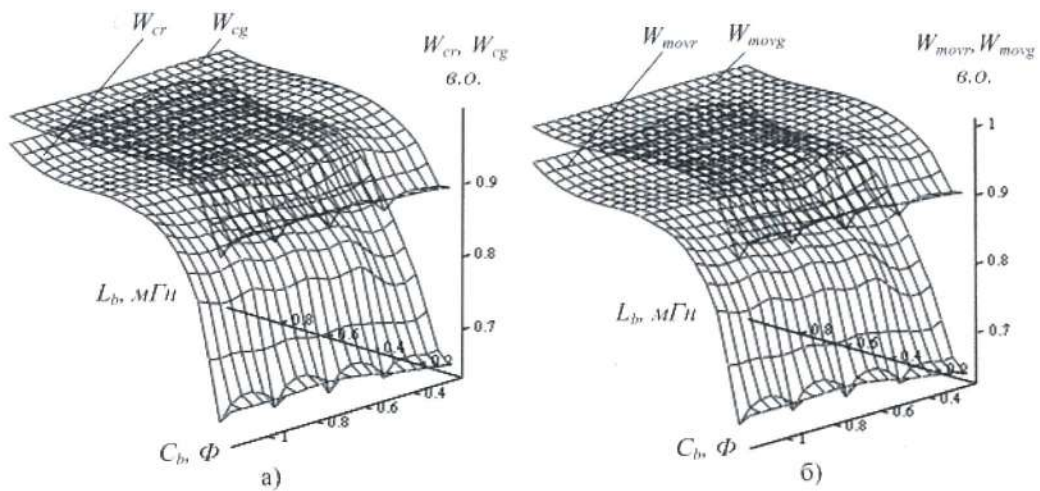


Рис. 7. Енергетичні показники роботи двигунів конденсатора в режимі розгону та гальмування:
а – енергія при $\Delta I_{ces} = const$; б – накопичена енергія рухомих мас електровозу в режимі при $\Delta I_{ces} = const$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

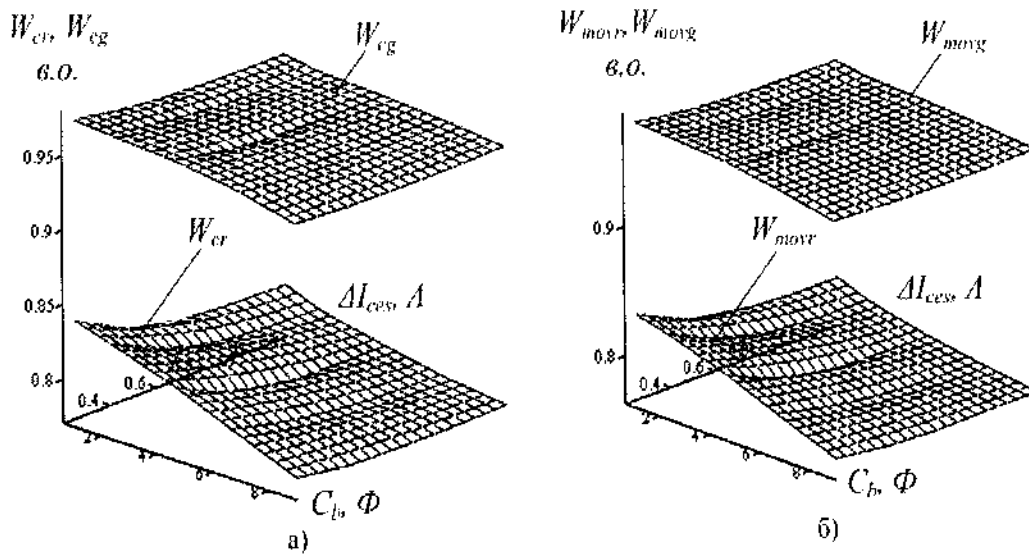


Рис. 8. Енергетичні показники роботи двигунів конденсатора в режимі розгону та гальмування:

а – енергія конденсатора при $L_b = const$; б – накопичена енергія рухомих мас електровозу при $L_b = const$

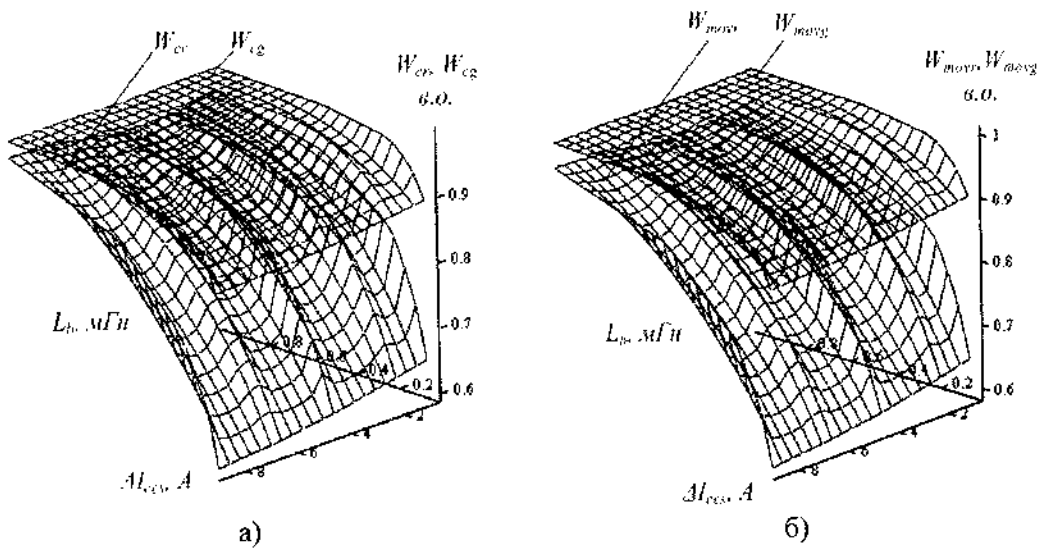


Рис. 9. Енергетичні показники роботи двигунів конденсатора в режимі розгону та гальмування:

а – енергія конденсатора при $C_b = const$; б – накопичена енергія рухомих мас електровозу при $C_b = const$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновки.

1. Розроблено модель для дослідження енергетичних процесів в системі керування конденсаторний накопичувач – двигун постійного струму, яка дозволяє реалізувати режими розгону, сталого руху та гальмування електровоза.

2. У результаті ланки експериментів з варіацією параметрів системи, досліджено енергетичні показники при зміні значень буферної індуктивності, ємності конденсатора та амплітуди пульсацій струму, за отриманими графічними залежностями встановлено:

– втрати якоря сильно залежать від буферної індуктивності L_b , а саме, зменшуються з її ростом, при $L_b > 3L_a$ суттєва зміна енергії втрат не спостерігається, тобто достатньо вибрати буферну індуктивність величиною, $L_b \approx 3L_a$;

– в розглянутому діапазоні параметрів залежність накопиченої (механічної)/відданої (електричної) енергій від буферної індуктивності L_b складає 10...25%, в той час як зміна ємності в 5 разів від розрахункової дає приріст енергії 2...4%, що свідчить про недоцільність збільшення ємності відносно розрахункової;

– суттєва зміна амплітуди пульсацій струму ΔI_{ces} та ємності конденсаторного накопичувача енергії C викликає незначну зміну енергетичних показників на 1...3%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Феоктистов В.П., Просвиров Ю.Е. Электрические железные дороги: учебник. Москва: Моск. ун-т путей сообщения, 2006. 312 с.
2. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог: учебник для вузов ж.д. трансп. Москва: Транспорт, 1982. 528 с.
3. Кабалык Ю.С. Системы управления электроподвижным составом: учеб. пособ. Хабаровск: ДВГУПС, 2013. 119 с.
4. Грищенко А.В. Электрические машины и преобразователи подвижного состава: учебник. Москва: «Академия», 2005. 320 с.
5. Бут Д.А. Накопители энергии: учеб. пособие для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 397 с.
6. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: учеб. для вузов ж-д трансп. Москва: Транспорт, 1999. 464 с.
7. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Москва: «Академия», 2006. 464 с.
8. Тушканов Б.А. Электровоз ВЛ80р. Руководство по эксплуатации. Москва: Транспорт, 1985. 541 с.
9. Колб А.А. Теория электропривода: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. 511 с.
10. Бялобржеський О.В. Схема гальмування двигуна постійного струму з конденсаторним накопичувачем. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. Кременчук: КрНУ імені Михайла Остроградського, 2013. Вип. 2 (22). С. 366–370.
11. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. Москва: ДМК; Санкт-Петербург: Питер, 2008. 496 с.
12. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учеб. пособ. Москва: Юрайт, 2012. 667 с.

O.V. Bialobrzheskyi

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

A.I. Gladyr

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

V.Yu. Nozhenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

ENERGY PROCESSES IN THE "CONTROLLED CAPACITOR ACCUMULATOR - DC MOTOR" SYSTEM

VL-80 locomotives with a 25 kV AC traction power supply system are mostly operated on the railway. The electric drive of most types of such locomotives provides regenerative braking. In order to reduce the flow of energy through the traction transformer and catenary, technical solutions for devices with energy storage systems have been developed. The work is devoted to the synthesis of the model of the system "controlled capacitor storage - DC motor" of the traction complex of the electric locomotive for energy processes studying. A scheme of the system for the implementation of dynamic modes of the traction complex of the electric locomotive, which allows the accumulation of excess energy generated by the motor during braking on the capacitor drive, and its further use during acceleration, was proposed. The scheme of the system of accumulation of electric energy on the capacitor provides the formation of the necessary accelerate/braking current. To do this, a unit that according to the desired trajectory of the velocity changes determines the corresponding dynamic torque and implements the formation of dynamic current is added to the system. A mathematical Matlab model of traction electrical complex with DC motor NB-418K6 for the study of energy processes in static and dynamic modes was developed. Given the high mechanical inertia of the railway train, in order to reduce the simulation time, the equivalent moment of inertia was determined. The model allows you to implement modes of acceleration, steady motion, electric locomotive braking and calculate energy parameters: energy of moving masses of electric locomotive, capacitor energy, armature energy loss, and useful mechanical energy. As a result of previous experiments, time diagrams that reflect the change in the electrical parameters of the engine and the energy parameters of the respective circuits were obtained.

With the help of the developed mathematical model, a number of experiments with the variation of system parameters were carried out, and energy indicators at the

change of values of buffer inductance, capacitor capacity, and amplitude current pulsations were investigated. As a result of the analysis of the conducted investigation, it is established that the armature losses strongly depend on the value of the buffer inductance. A significant change in the amplitude of current pulsations and capacitance of the capacitor energy storage causes a slight change in energy performance.

Key words: energy indicators, controlled capacitor storage, DC motor, electric locomotive traction complex.

REFERENCES

1. Feoktistov V. and Prosvirov Yu. (2006). *Elektricheskiye zheleznyye dorogi: uchebnik. [Electric Railways]*. Moscow: Mosc. un-t putey soobshcheniya, p. 312. [in Russian]
2. Markvardt K. (1982). *Elektrosnabzheniye elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog: uchebnik dlya vuzov zh d. transp [Power supply of electrified railways: a textbook for universities railway transp]*. Moscow: Transport, p. 528. [in Russian]
3. Kabalyk Yu. (2013). *Sistemy upravleniya elektropodvizhnym sostavom: ucheb. posob. [Control systems for electric rolling stock]*. Khabarovsk: DVGUPS, p. 119. [in Russian]
4. Grishchenko A. (2005). *Elektricheskiye mashiny i preobrazovateli podvizhnogo sostava: uchebnik [Electric machines and rolling stock converters]*. Moscow: «Akademiya», p. 320. [in Russian]
5. But D. (1991). *Nakopiteli energii: ucheb. posobiye dlya vuzov [Energy storage]*. Moscow: Energoatomizdat, p. 397. [in Russian]
6. Burkov A. (1999). *Elektronnaya tekhnika i preobrazovateli: ucheb. dlya vuzov zh-d transp. [Electronic technology and converters]*. Moscow: Transport, p. 464. [in Russian]
7. Sleptsov M. (2006). *Osnovy elektricheskogo transporta: ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Fundamentals of electric transport]*. Moscow: «Akademiya», p. 464. [in Russian]
8. Tushkanov B. (1985). *Elektrovoz VL80r. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Electric locomotive VL80r. Manual]*. Moscow: Transport, p. 541. [in Russian]
9. Kolb A. (2006). *Teoriya elektroprivodu: navchalnyy posibnyk [Theory of electric drive]*. Dnipropetrovsk: Natsionalnyy hirnychyy universytet, p. 511. [in Ukrainian]
10. Byalobrzheskyi O. (2013). "The braking scheme of a DC motor with a capacitor drive". *Elektromekhanichni i enerhozberihayuchi systemy*. Vol. 2. no. 22. pp. 366–370. [in Ukrainian]
11. Chernykh I. (2008). *Modelirovaniye elektrotekhnicheskikh ustroystv v MATLAB, SimPowerSystems i Simulink [Modeling electrical devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink]*. Moscow: DMK; Sankt-Peterburg: Piter, p. 496. [in Russian]
12. Zinovyev G. (2012). *Silovaya elektronika: ucheb. posob. [Power electronics]*. Moscow: Yurayt, p. 667. [in Russian]

О.В. Бялобржеський*

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

А.І. Гладир

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

В.Ю. Ноженко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна
Телефон: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

ВПЛИВ ПРОЦЕСУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ НА ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ ОБЛІКУ

Раціональний облік споживання електричної енергії на електрифікованій залізниці є актуальним завданням, як для тягових одиниць так і для тягових підстанцій. Тягові одиниці характеризуються змінним графіком електроспоживання, спотворенням струму та впливом на напругу у точці контакту. Структура приєднання тягових обмоток тягових трансформаторів до контактної мережі викликає несиметричне їх завантаження. Додатково спотворений струм декількох тягових одиниць, на ділянці мережі, призводить до спотворення електричної енергії трансформаторів. Стаття присвячена аналізу структури та алгоритмів обробки параметрів режиму первинних вимірювальних пристроїв у системі автоматизованого контролю та обліку електричної енергії при визначенні складових потужності на тягових підстанціях. У роботі наведено структуру організації системи контролю споживання електричної енергії на електрорухомому складі, де встановлені два комплекти інформаційно-обчислювальних комплексів на вводах тягового трансформатора і фідерах контактної мережі тягової підстанції для проведення вимірювань. Проведено дослідження ділянки мережі з тяговими навантаженнями, які дозволяють визначити потоки потужності, споживані з системи зовнішнього електропостачання і віддаванні в тягову мережу.

© Бялобржеський О.В., Гладир А.І., Ноженко В.Ю., 2022

Отримана інформація може використовуватися для визначення поточного стану електроенергетичної системи вироблення керуючих впливів для регулювання режимів роботи системи електропостачання вищої напруги.

У роботі розглянуто алгоритми для визначення показників споживання електричної енергії на електрорухомому складі та на фідерах контактної мережі.

В основу процедури розрахунку показників покладено рекомендації стандарту IEEE 1459-2010, який на теперішній час найбільш всебічно розкриває якісні показники електричної потужності. Реалізація запропонованих алгоритмів у системі автоматизованого контролю електроспоживання дозволяє оцінювати показники, які характеризують основні величини електроспоживання – активну та реактивну потужності за першою гармонікою; додаткові величини електроспоживання – потужності, зумовлені спотворенням струму, спотворенням напруги та взаємодією вищих гармонік струму та напруги. Для трифазних кіл розвинені процедури визначення активної та реактивної потужностей фундаментальної гармоніки прямої послідовності.

Ключові слова: тягова підстанція, енергоспоживання, автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії, електровоз.

А.В. Бялобржеский*

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

А.И. Гладыр

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

В.Ю. Ноженко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина
Телефон: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ЭНЕРГОПОТРЕБОВАНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ НА ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УЧЕТА

Рациональный учет потребления электрической энергии на электрифицированной железной дороге является актуальной задачей, как для тяговых единиц, так и для тяговых подстанций. Тяговые единицы характеризуются переменным графиком электропотребления, искажением тока и влиянием на напряжение в точке контакта. Структура присоединения тяговых обмоток тяговых трансформаторов к контактной сети вызывает несимметричную их загрузку. Дополнительно искаженный ток нескольких тяговых единиц, на участ-

ке сети, приводит к искажению электрической энергии трансформаторов. Статья посвящена анализу структуры и алгоритмов обработки параметров режима первичных измерительных устройств в системе автоматизированного контроля и учета электроэнергии при определении составляющих мощности на тяговых подстанциях. В работе приведена структура организации системы контроля потребления электрической энергии на электроподвижном составе, где установлены два комплекта информационно-вычислительных комплексов на вводах тягового трансформатора и фидерах контактной сети тяговой подстанции для проведения измерений. Проведены исследование участка сети с тяговыми нагрузками, позволяющими определить потоки мощности, потребляемые из системы внешнего электроснабжения и отдачи в тяговую сеть.

Полученная информация может использоваться для определения текущего состояния электроэнергетической системы выработки управляющих воздействий для регулирования режимов работы системы электроснабжения высшего напряжения.

В работе рассмотрены алгоритмы для определения показателей потребления электрической энергии на электроподвижном составе и на фидерах контактной сети. В основу процедуры расчета показателей положены рекомендации стандарта IEEE 1459-2010, который в настоящее время наиболее всесторонне раскрывает какие-либо показатели электрической мощности. Реализация предложенных алгоритмов в системе автоматизированного контроля электропотребления позволяет оценивать показатели, характеризующие основные величины электропотребления – активную и реактивную мощности по первой гармонике; дополнительные величины электропотребления – мощности, обусловленные искажением тока, искажением напряжения и взаимодействием высших гармоник тока и напряжения. Для трехфазных цепей развиты процедуры определения активной и реактивной мощностей фундаментальной гармоники прямого последовательности.

Ключевые слова: тяговая подстанция, энергопотребление, автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии, электровоз.

Вступ Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Експлуатаційна мережа залізниць України складає майже 22 тис. км, з яких 65 % електрифіковано [1]. Застосування електрообладнання на основі силових напівпровідникових елементів, а саме, використання тиристорів у випрямно-інверторних перетворювачах електровозів змінного струму дозволяє плавно регулювати напругу на тягових двигунах, забезпечуючи високі тягово-енергетичні характеристики електрорухомого складу [2, 3]. З іншого боку, нелінійність вольт-амперної характеристики напівпровідникових елементів приводить до значних спотворень форми кривої тягового струму та синусоїдальної форми кривої робочої напруги контактної мережі на струмоприймачі електровозу, що погіршує показники якості електричної енергії. У таких умовах експлуатації ефективне функціонування електрорухомого складу та системи електропостачання ускладнене [4]. Тому все частіше постають питання контролю показників електричної енергії з урахуванням її якості як на електрорухомому складі, так і на тягових підстанціях [5].

Ефективність розроблювальних технічних рішень покращення якості електричної енергії та економії при впровадженні енергозберігаючих технологій на електрорухомому складі необхідно оцінювати із застосуванням сучасних засобів вимірювання. Вони дозволяють здійснювати реєстрацію миттєвих значень електричних параметрів, та подальшу їх обробку [4, 5]. Для забезпечення господарської діяльності з передачі та постачання електроенергії, починаючи з 2001 р., на залізницях України активно впроваджуються автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [5].

Мета роботи. Аналіз структури та алгоритмів обробки параметрів режиму первинних вимірювальних пристроїв у системі автоматизованого контролю та обліку електричної енергії при визначенні складових потужності.

Матеріали та результати досліджень. Основна мета впровадження АСКОЕ – отримання достовірної інформації щодо обсягів споживання, генерації, передачі та розподілу електроенергії і потужностей всіма об'єктами системи електропостачання [6]. Така система передбачає наявність двох підрівнів: автоматизованої системи обліку електроенергії на фідерах контактної мережі (АСОЕ ФКМ) та автоматизованої системи обліку електроенергії на електрорухомому складі (АСОЕ ЕРС), синхронізованих між собою; причому до обох підсистем повинні висуватися жорсткі вимоги за функціональністю, точністю вимірювань і надійністю.

Після програмної обробки інформації з двох систем (АСОЕ ФКМ і АСОЕ ЕРС) на єдиному сервері АСКОЕ базово можуть отримати дані [7] про:

- витрати і повернення електроенергії за лічильниками ЕРС під час поїздки;
 - витрати і повернення електроенергії на тягу поїздів за лічильниками на ФКМ тягових підстанцій і ЕРС в межах залізниці, тарифної зони, дистанції електропостачання або міжпідстанційної зони за необхідний період часу;
 - значення питомої витрати і небалансу електроенергії на тягу поїздів у межах залізниці, тарифної зони, дистанції електропостачання, міжпідстанційної зони за період;
 - значення небалансу прийому і розподілу електричної енергії по шинах тягової підстанції за необхідний період часу;
 - витрати і повернення електроенергії на тягу поїздів по тяговій підстанції і окремим ФКМ за необхідний період часу.
- Отримана інформація дозволяє:
- виявляти міжпідстанційні зони з нерівномірно завантаженими тяговими підстанціями;
 - визначати на базі даних про рух потужності по ФКС середні значення зрівняльних струмів у контактній мережі міжпідстанційних зон ділянок;
 - забезпечувати підвищення ефективності застосування рекуперативного гальмування без аналізу поїзних умов і визначення конкретного місця розташування у фідерній зоні ЕРС за рахунок оперативного контролю поточного навантаження на ФКМ;
 - виконувати синхронне осцилографування процесів, що виникають у контактній мережі, що дає змогу оцінити поточний розподіл енергії рекуперації та якість електроенергії на ФКМ і ЕРС;
 - забезпечувати достовірний контроль питомої витрати та небалансу електричної енергії на тягу поїздів, що дозволить підвищити ефективність планування витрат електроенергії на тягу поїздів на всіх рівнях, а також обґрунтувати

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

мережеву складову тарифу на електроенергію на основі фактично вимірних величин споживання електроенергії при експлуатації приватного ЕРС;

– оптимізувати закупівлі електроенергії на оптовому ринку за рахунок оперативного прогнозу споживання електроенергії на найближчі часи та коригування добових прогнозів про витрату на тягу поїздів;

– оцінювати зниження енергетичної ефективності тяги поїздів з урахуванням системи тягового електропостачання, обумовленого обмеженням швидкості руху поїздів з подальшим адресним визначенням претензій до винуватців збільшення вартості залізничних перевезень.

Розглянемо структуру організації системи контролю споживання електричної енергії на ЕРС (рис. 1) [8]. Для проведення вимірювань на вводах тягового трансформатора і фідерах контактної мережі (ФКМ) тягової підстанції встановлені два комплекти інформаційно-обчислювальних комплексів (ІОК).

Як бачимо за даними досліджень [8] показників якості електричної енергії з міжпідстанційної зони двостороннього живлення, можуть бути сформовані результати вимірювань профілю активної потужності на вводах (27,5; 220 кВ) трансформатора (рис. 2, а) та фідера контактної мережі (рис. 2, б). Ділянка тягової мережі, яка досліджувалася складається з трьох тягових підстанцій і двох міжпідстанційних зон (L1, L2). При проведенні експерименту ця ділянка розглядалася як єдина частина ЕЕС з тяговими навантаженнями. Графіки на рис. 2 дозволяють визначити потоки потужності, споживані з системи зовнішнього електропостачання і віддавані в тягову мережу.

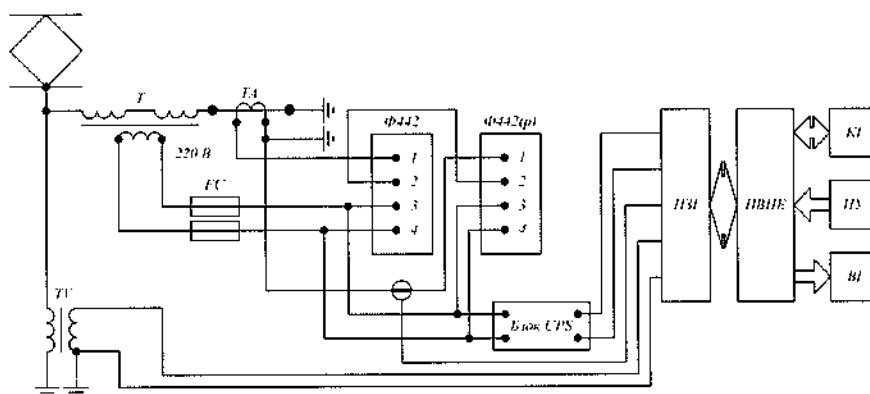


Рис. 1. Схема з'єднання ІОК на електровозі:

T – трансформатор; TA – трансформатор струму; TV – трансформатор напруги;
FU – запобіжник плавкий; Ф442 – лічильник активної електричної енергії; Ф442(р) – лічильник реактивної електричної енергії; ПЗІ – пристрій збору інформації; ПВПЕ – пристрій визначення показників енергоспоживання; КІ – комутаційний інтерфейс; ПУ – пульт управління;
ВІ – візуальний інтерфейс

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

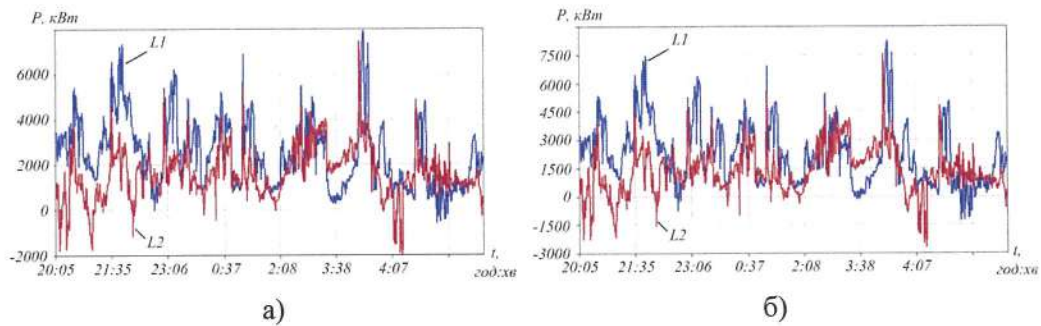


Рис. 2. Осцилограми з уведення в дію активної потужності 220 кВ тягового трансформатора (а), активна потужність на фідері 27,5 кВ тягового трансформатора (б) у випадку двостороннього живлення ділянки

Наведені дані свідчать про співвідношення цих потужностей. Ця інформація може використовуватися для визначення поточного стану електроенергетичної системи вироблення керуючих впливів для регулювання режимів роботи ЕЕС. Для визначення структури втрат електроенергії для одного зрізу за результатами експерименту визначають розподіл потужності від вхідних вводів тягового трансформатора до електровоза при консольному живленні від одного трансформатора. Це раціонально виконувати за допомогою комбінованого контролю показників споживання на ЕРС та ФКМ.

Традиційно для визначення втрат потужності використовують значення активної, реактивної і повної потужності [9]. Останнім часом, зважаючи на збільшення ЕРС з напівпровідниковими перетворювальними агрегатами, враховують наявність вищих гармонік у струмі та напрузі, що потребує корекції процедури визначення показників енергоспоживання. Досвід розрахунку та експлуатації [8] показує наступні показники розподілу потужності в системі електропостачання ЕРС – рис. 3.

Величину неактивної потужності визначають як таку, що складається з реактивної потужності основної гармоніки і складової неактивної потужності, яка визначається наявністю вищих гармонік [9]. При цьому відзначають, що вищі гармоніки в складі активної потужності складають 22–25%. Зважаючи на експлуатацію ЕРС з напівпровідниковими перетворювачами та викривлення струмів та напруг контактної мережі, ФКМ та силових трансформаторів підстанції, слід враховувати вплив цих викривлень на потужність та споживання електричної енергії [10]. Таким чином, за наявності якісної апаратної частини постає питання визначення відповідного алгоритму обчислення показників енергоспоживання. При цьому лінії зовнішнього електропостачання, елементи тягової мережі, розподільні лінії поздовжнього електропостачання і автоблокування, маючи певні частотні характеристики, впливають на розподіл гармонійного складу напруги та струму. Все це негативно впливає на роботу приладів обліку електричної енергії та піднімає проблему електромагнітної сумісності засобів обліку з факторами, що впливають на точність обліку.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

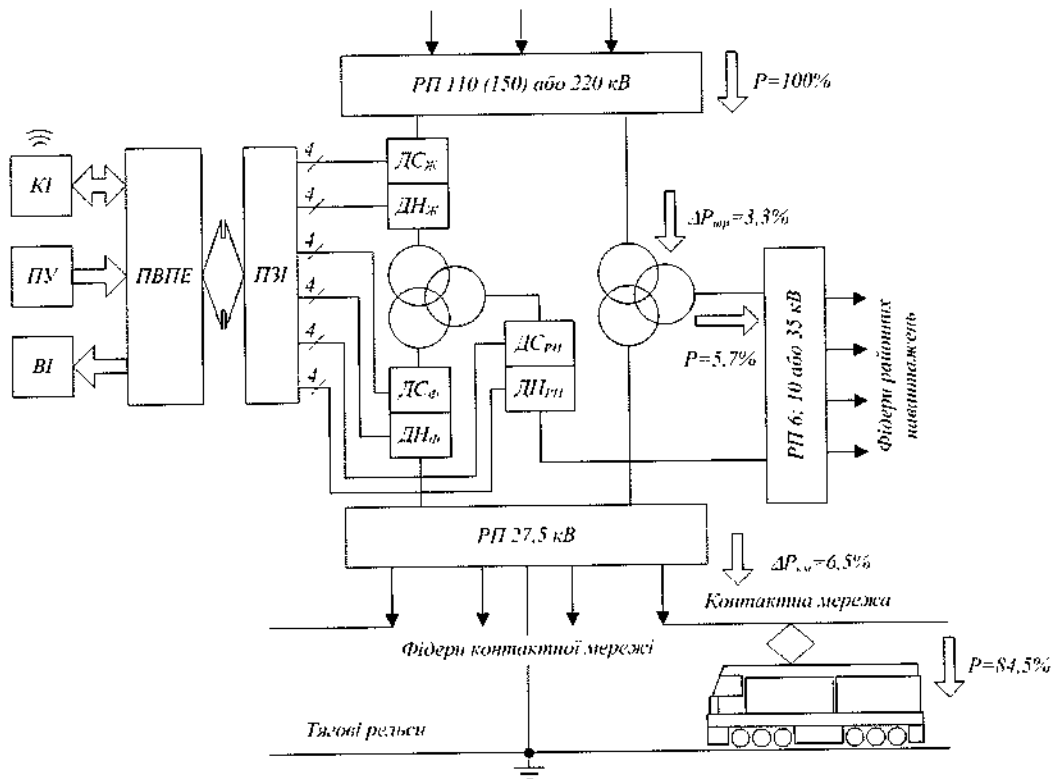


Рис. 3. Структура вимірювальної системи тягової підстанції

Наразі єдина методика визначення реактивної потужності відсутня. Існує досить широкий спектр думок з приводу реактивної потужності. Незважаючи на відмінності, для кожного виразу є своя фізична інтерпретація [8]:

- фундаментальна реактивна потужність – визначаються тільки основні гармоніки і дає інформацію про ефективності перенесення енергії;
- реактивна потужність за Будаєну – об'єднує потужність яка визначає процеси обміну енергією між реактивними елементами мережі та споживача, з урахуванням викривлення струму та напруги;
- реактивна потужність за Фрізе – визначено з умов поділу струму в часовому інтервалі на дві частини, одна з яких переносить активну енергію (не залежить від частоти) і додатковий струм;
- реактивна ємнісна (індуктивна потужність) за Кастерсом-Муром – визначається шляхом поділу струму на частини, що протікає через один еквівалентний конденсатор або котушку індуктивності;
- реактивна потужність за Шароном – максимальна реактивна потужність, яка може бути компенсована за допомогою пасивних елементів;
- реактивна потужність за Чарнецьким – передбачає декомпозицію миттєвого струму на дві ортогональні складові: активну і реактивну. Неактивна потужність визначається як величина середньоквадратичних значень напруг і струмів, коли вектори напруг і струмів обчислюються як комплекси квадратичних значень для кожної гармонійної частоти;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– реактивна потужність за формулами Масевського – геометричне трактування цього підходу полягає в тому, що площа вольт-амперної характеристики двополосника, описаної за період, пропорційна реактивній потужності;

– теорія миттєвої потужності поділяє складові потужності на два типи: потужність, що передається від джерела в навантаження, що здійснює корисну роботу, і всі інші, які визначають перетоки потужності в системі електропостачання і втрати. За допомогою активних компенсаторів, наприклад, типу СТАТКОМ, можна компенсувати частину зазначених втрат потужності.

Аналіз різних теорій потужності виявив, що у кожній методиці є свої недоліки та переваги. Для визначення показників споживання електричної енергії ЕРС та ФКМ, які б раціонально характеризували процес, розглянемо декілька існуючих алгоритмів, які використовуються в ІВК. На рис. 4 наведений алгоритм розрахунку показників енергоспоживання, який використовують для ЕРС та ФКМ [11, 12], а на рис. 5 – подібний алгоритм для аналізу електроспоживання тягової підстанції на стороні високої напруги, зважаючи на споживання за трьома фазами.

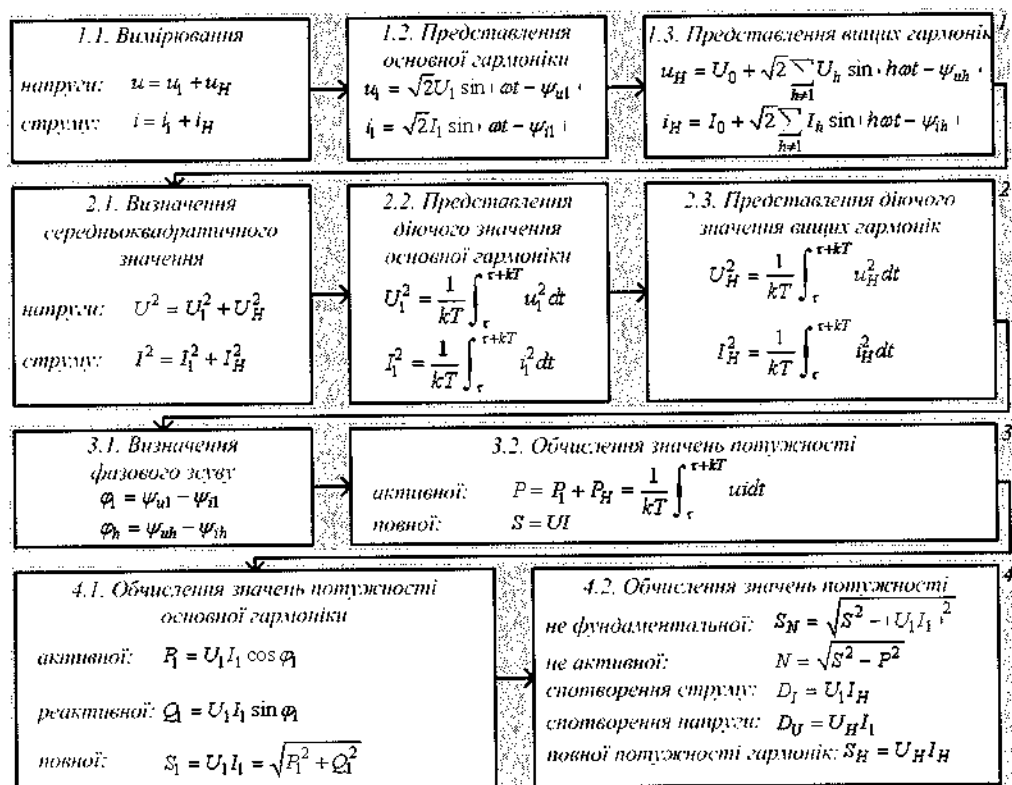


Рис. 4. Алгоритм визначення потужності в однофазному колі з несинусоїдальними сигналами

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

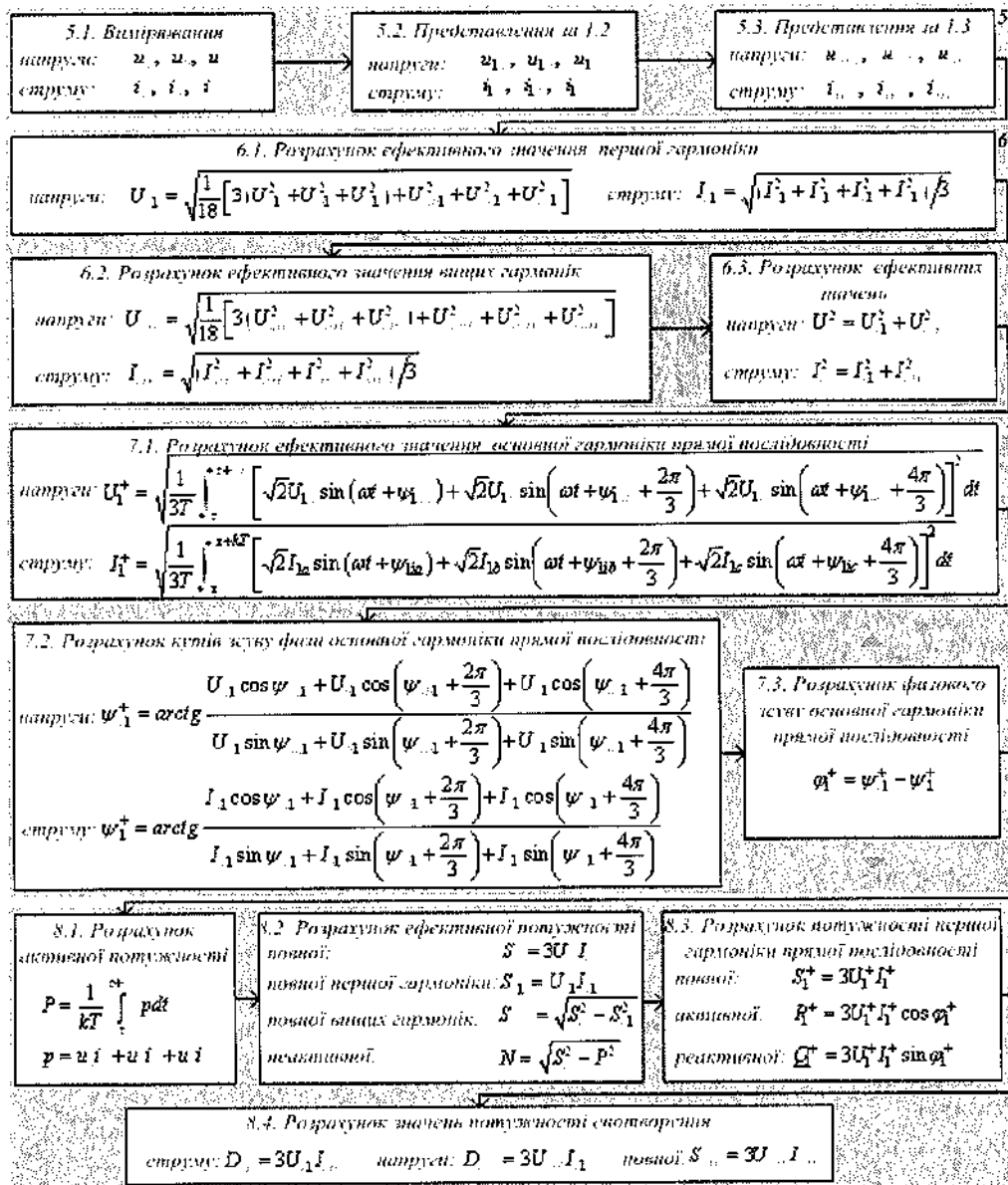


Рис. 5. Алгоритм визначення показників потужності в трифазних несиметричних колах

Використані індекси означають: «1» – основна гармоніка, «+» – пряма послідовність, «e» – ефективне значення. Таким чином, у результаті реалізації алгоритмів, наведених на рис. 4 і 5 в системі автоматизованого контролю електроспоживання стають доступними показники, які характеризують основні величини електроспоживання – активну та реактивну потужності за першою гармонікою; додаткові величини електроспоживання – потужності, зумовлені спотворенням струму, спотворенням напруги та взаємодією вищих гармонік струму та напруги.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

На відміну від показників ФКМ та ЕРС, в ЕЕС додатково визначаються такі величини електроспоживання, які відображають вплив несиметрії, напруга та струм прямої послідовності, а також відповідні потужності прямої послідовності: повна, активна та реактивна.

Висновки.

На базі аналізу вимог до автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, зважаючи на характер потужності, яка циркулює в елементах електропостачання електрорухомого складу, та структуру тягової підстанції, сформована структура комплексу визначення складових потужності для обох об'єктів контролю.

Запропоновано алгоритми визначення складових потужності для обліку електричної енергії та її показників з урахуванням спотворення струму, напруги та несиметрії зазначених параметрів, який ґрунтується на положеннях стандарту IEEE STD/1459-2010.

ЛІТЕРАТУРА

1. Феоктистов В.П., Просвиров Ю.Е. Электрические железные дороги: учебник. Москва: Моск. ун-т путей сообщения, 2006. 312 с.
2. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учеб. пособ. Москва: Юрайт, 2012. 667 с.
3. Грищенко А.В. Электрические машины и преобразователи подвижного состава: учебник. Москва: «Академия», 2005. 320 с.
4. Кабалык Ю.С. Системы управления электроподвижным составом: учеб. пособ. Хабаровск: ДВГУПС, 2013. 119 с.
5. Малоземов Б.В. Энергосберегающие технологии технического обслуживания электрического транспорта. *Электроэнергия и будущее цивилизации*: материалы международной науч.-техн. конф. г. Томск, 13 апреля 2004 г. Томск, 2004. С. 391–393.
6. Пантелеев В.И., Машкин А.Г., Лукьянов П.Ю. Модернизация систем тягового электроснабжения переменного тока. *Энергетика*. 2011. № 7. С. 13–15.
7. Черемисин В.Т., Емельяненко Е.Л., Ушаков С.Ю. Снижение небаланса электрической энергии на тягу поездов по счетчикам тяговых подстанций и электроподвижного состава. *Железнодорожный транспорт*. 2011. № 2. С. 43–48.
8. Совалов С.А. Экспериментальные исследования режимов энергосистем. Москва: Энергоатомиздат, 1985. 448 с.
9. Крögerис А.Ф. Мощность переменного тока. Рига: Физ.-энерг. ин-т Латв. АН, 1993. 149 с.
10. Слепцов М.А. Основы электрического транспорта: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Москва: «Академия», 2006. 464 с.
11. IEEE STD/1459-2010. IEEE Trial Use Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Non-Sinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2000. 52 с.
12. Бялобржеский О.В., Давидов О.Ю. Розробка автоматизованої вимірювальної системи по дослідженню несинусоїдності та несиметрії напруги трифазної системи мережі. *Вісник КДУ: наукові праці КДУ*. Кременчук: КДУ, 2010. Вип. 3 (62). Ч. 2. С. 170–174.

O.V. Bialobrzheskyi

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 96 2525717, E-mail: seemal@kdu.edu.ua
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1669-4580>

A.I. Gladyr

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 50 9008110, E-mail: andrii.gladyr@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3521-9112>

V.Yu. Nozhenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
20 Pershotravneva Str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine
tel.: +380 66 1797254, E-mail: nozhenkovika@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0126-6970>

THE INFLUENCE OF THE ENERGY CONSUMPTION PROCESS OF THE TRACTION SUBSTATION ON THE REQUIREMENTS FOR THE ELECTRICITY METERING SYSTEM

Rational metering of electricity consumption on the electrified railway is an urgent task for both traction units and traction substations. Traction units are characterized by a variable schedule of power consumption, current distortion, and the impact on the voltage at the point of electrical contact. The structure of connection of traction windings of traction transformers to catenary causes their asymmetric loading. Additionally distorted current of several traction units at the network section distorts the electrical energy of transformers. The paper is devoted to the analysis of the structure and algorithms of processing the mode's parameters of primary measuring devices in the system of automated control and metering of electric energy in determining the power components at traction substations. The structure of the electricity consumption control system on the electric rolling stock with two sets of information and computing systems at the inputs of the traction transformer and feeders of the traction substation catenary for measurements is presented. A study of the local part of the catenary with traction loads which allow determining the power flows consumed from and recovered to the external power supply system – the traction network is carried out.

The obtained information can be used to determine the current state of the power system in order to generate control effects for regulating the modes of operation of the higher voltage power supply system.

Algorithms for determining the indicators of electric energy consumption on the electric rolling stock and on the catenary feeders are considered in the work.

The recommendations of the IEEE 1459-2010 standard, which currently most comprehensively discloses the quality of electric power, are based on the procedure for calculating the indicators. Implementation of the proposed algorithms for the automated system of electricity metering allows evaluation of the indicators that characterize the main values of electricity consumption - active and reactive power on the first harmon-

ic; additional values of power consumption - power due to current distortion, voltage distortion and the interaction of higher current and voltage harmonics. For three-phase circuits, procedures for determining the active and reactive powers of the fundamental harmonics of the direct sequence are developed.

Key words: traction substation, energy consumption, automated systems of commercial electricity metering, electric locomotive.

REFERENCES

1. Feoktistov V. and Prosvirov Yu. (2006). *Elektricheskkiye zheleznyye dorogi: uchebnik. [Electric Railways]*. Moscow: Mosc. un-t putey soobshcheniya, p. 312. [in Russian]
2. Zinovyev G. (2012). *Silovaya elektronika: ucheb. posob. [Power electronics]*. Moscow: Yurayt, p. 667. [in Russian]
3. Grishchenko A. (2005). *Elektricheskkiye mashiny i preobrazovateli podvizhnogo sostava: uchebnik [Electric machines and rolling stock converters]*. Moscow: «Akademiya», p. 320. [in Russian]
4. Kabalyk Yu. (2013). *Sistemy upravleniya elektropodvizhnym sostavom: ucheb. posob. [Control systems for electric rolling stock]*. Khabarovsk: DVGUPS, p. 119. [in Russian]
5. Malozemov B. (2004). “Energy-saving technologies for the maintenance of electric vehicles”. *Elektroenergiya i budushcheye tsivilizatsii: materialy mezhdunarodnoy nauch.-tekhn. konf. - Electricity and the future of civilization: materials of the international scientific and technical. conf.* Tomsk. pp. 391–393. [in Russian]
6. Panteleyev V., Mashkin A. and Lukyanov P. (2011). “Modernization of AC traction power supply systems”. *Energetika*. No. 7. pp. 13–15. [in Russian]
7. Cheremisin V., Yemelyanenkova Ye. and Ushakov S. (2011). Reducing the imbalance of electrical energy for train traction according to the meters of traction substations and electric rolling stock. *Zheleznodorozhnyy transport – Railway Transport*, No. 2. pp. 43–48. [in Russian]
8. Sovalov S. (1985). *Eksperimentalnyye issledovaniya rezhimov energosistem [Experimental studies of power system regimes]*. Moscow: Energoatomizdat. p. 448. [in Russian]
9. Krogeris A. (1993). *Moshchnost peremennogo toka [AC power]*. Riga: Fiz.-energ. in-t Latv. AN. p. 149. [in Russian]
10. Sleptsov M. (2006). *Osnovy elektricheskogo transporta: ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Fundamentals of electric transport]*. Moscow: «Akademiya». p. 464. [in Russian]
11. IEEE STD/1459-2010. IEEE Trial Use Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Non-Sinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. Institute of Electrical and Electronics Engineers (2000). p. 52.
12. Byalobrzheskyy O. and Davydov O. (2010). “Development of an automated measuring system for the study of non-sinusoid and voltage asymmetry of a three-phase network system”. *Visnyk KDU*. Vol. 3. no. 62. pp. 170–174. [in Ukrainian]

Ю. Є. Калабухін

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 57 7301047, E-mail: kalabuxin-fet@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

І. Е. Мартинов

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 57 7301036, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

А. В. Труфанова

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +380 57 7301035, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СКЛАДОВИХ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАНІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

В статті проаналізований стан пасажирських вагонів АТ "Укрзалізниця" та показано, що вони практично вичерпали свій ресурс. Значний фізичний та моральний знос пасажирського рухомого складу, невідповідність його техніко-економічних характеристик сучасним вимогам та зношеність інфраструктури ще більше загострюють проблеми галузі.

Оновлення парку пасажирських вагонів можливо як за рахунок придбання нових зразків, так і шляхом модернізації тих вагонів, що вичерпали свій ресурс. Обидві зазначені варіанти потребують значних капітальних вкладень з обов'язковим техніко-економічним обґрунтуванням вибору оптимального варіанту. При виборі моделі нового зразку пасажирського вагону необхідно також враховувати можливість не лише вітчизняних, а й зарубіжних виробників. Обґрунтовано, що в основу цього вибору необхідно покласти критерій мінімізації вартості життєвого циклу пасажирського вагону.

Показано, що найбільш тривалою та витратною фазою життєвого циклу пасажирського вагону є експлуатація. Відповідно першим етапом реалізації концептуального підходу визначення вартості життєвого циклу пасажирського вагону є дослідження та аналіз відповідних можливих економіко-технологічних станів щодо його експлуатації, обслуговування та утримання в технічно справному стані.

© Калабухін Ю. Є., Мартинов І. Е., Труфанова А. В., 2022.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Виконано аналіз експлуатаційних складових економіко-технологічних станів пасажирських вагонів АТ "Укрзалізниця". Встановлено, що найбільша частка експлуатаційних витрат на здійснення пасажирських перевезень пасажирськими вагонами приходиться на внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне сполучення.

Показано, що для технічного обслуговування за програмою ТО-1 та ТО-2 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів та технічного обслуговування за програмою ТО-1 пасажирських вагонів на шляху прямування найбільш вагомих елементом є елемент "Оплата праці".

Для більш технологічно складних та матеріаломісних економіко-технологічних станів пасажирських вагонів: технічне обслуговування за програмою ТО-3, поточний ремонт з відчепленням, деповський ремонт пасажирських вагонів; капітальний ремонт пасажирських вагонів найбільш вагомих елементом є елемент "Матеріали".

Отримані результати дослідження у подальшому будуть використані для побудови математичної моделі життєвого циклу пасажирського вагону.

Ключові слова: пасажирський вагон, життєвий цикл, експлуатаційні витрати, технічне обслуговування, деповський ремонт, капітальний ремонт.

Ю. Е. Калабухин

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 57 7301047, E-mail: kalabuxin-fet@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

И. Э. Мартынов

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 57 7301036, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

А. В. Труфанова

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 57 7301035, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

В статье проанализировано состояние парка пассажирских вагонов АО "Укрзалізниця" и показано, что они практически исчерпали свой ресурс. Значительный физический и моральный износ пассажирского состава,

несоответствие его технико-экономических характеристик современным требованиям и износ инфраструктуры еще больше обостряют проблемы отрасли.

Обновление парка пассажирских вагонов возможно как за счет приобретения новых образцов, так и путем модернизации исчерпавших свой ресурс вагонов. Оба варианта требуют значительных капитальных вложений с обязательным технико-экономическим обоснованием выбора оптимального варианта. При выборе модели нового образца пассажирского вагона необходимо учитывать возможности не только отечественных, но и зарубежных производителей. Обосновано, что в основе этого выбора необходимо использовать критерий минимизации стоимости жизненного цикла пассажирского вагона.

Показано, что наиболее продолжительной и затратной фазой жизненного цикла пассажирского вагона является его эксплуатация. Соответственно первым этапом реализации концептуального подхода определения стоимости жизненного цикла пассажирского вагона является исследование и анализ соответствующих возможных экономико-технологических состояний касательно его эксплуатации, обслуживания и удержания в технически исправном состоянии.

Выполнен анализ эксплуатационных составляющих экономико-технологических состояний пассажирских вагонов АО "Укрзалізниця". Установлено, что наибольшая часть эксплуатационных расходов на осуществление пассажирских перевозок пассажирскими вагонами приходится на внутригосударственное (кроме пригородного и регионального) и международное сообщение.

Показано, что для технического обслуживания ТО-1 и ТО-2 в пунктах формирования и оборота пассажирских вагонов и технического обслуживания ТО-1 пассажирских вагонов на пути следования наиболее весомым элементом является элемент "Оплата труда".

Для более технологически сложных и материалоемких экономико-технологических состояний пассажирских вагонов: техническое обслуживание ТО-3; текущий ремонт с отцепкой; деповской ремонт пассажирских вагонов; капитальный ремонт пассажирских вагонов наиболее значимым элементом является элемент "Материалы".

Полученные результаты исследования будут использованы для построения математической модели жизненного цикла пассажирского вагона.

Ключевые слова: пассажирский вагон, жизненный цикл, эксплуатационные расходы, техническое обслуживание, деповской ремонт, капитальный ремонт.

Вступ. Ефективне функціонування залізничного транспорту пов'язане з удосконаленням його організаційної структури, систематичним оновленням основних фондів і рухомого складу; впровадженням новітніх технологій і високошвидкісного руху, наданням нових видів послуг і захопленням нових секторів транспортного ринку; збільшенням прибутковості перевезень вантажів і пасажирів та інтегруванням до європейської транспортної системи.

Досить важка ситуація склалася із забезпеченням пасажирообігу. Пасажирообіг, виконаний залізничним транспортом, складає понад третину загального пасажирообігу всіх видів транспорту України, включаючи місцевий. На відміну від переве-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

зень вантажів, обсяги яких безпосередньо залежать від величини ВВП країни, обсяги перевезень пасажирів залежать від інших чинників. До найбільш суттєвих з них відносяться кількість населення держави, його реальні грошові доходи, розвиток конкуруючих видів транспорту, перш за все автомобільного. Але в умовах жорсткої конкуренції нестача власних коштів та відсутність бюджетного фінансування, неможливість залучення недержавних інвестицій в умовах діючої системи господарювання призвели до небезпечного збільшення фізичного зносу та морального старіння основних фондів АТ "Укрзалізниця". Особливо це стосується пасажирських вагонів, оскільки переважна більшість експлуатаційного парку пасажирських вагонів власності філії "Пасажирська компанія" вже відпрацювала свій ресурс. Це призвело до втрати частки перевезень.

Розробка та освоєння виробництва сучасного рухомого складу для пасажирських перевезень, а також модернізація існуючого, потребує проведення техніко-економічного аналізу та наукового обґрунтування вибору можливих варіантів його оновлення. При цьому техніко-економічні розрахунки повинні враховувати етапи: виробництва прогресивних видів техніки, її експлуатації та утилізації. Ці етапи являють собою тривалий період часу, протягом якого можливі зміни: в національній економіці; обсягів перевезень; різноманітних вартісних показників та нормативної бази; показників технічного стану (надійності, економічності, продуктивності, екологічності технічних засобів і т. ін.).

На теперішній час в основу техніко-економічного обґрунтування вибору варіанту оновлення рухомого складу, у тому числі і залізничного, покладено методологію вартості життєвого циклу LCC, що відповідає сучасним світовим вимогам до придбання нової техніки. Користувача сьогодні цікавить не лише ціна нової техніки, а ще й витрати на її експлуатацію та утримання в технічно справному стані протягом життєвого циклу. Крім того користувач зацікавлений в отриманні економічного ефекту від використання нової техніки. Це також відноситься до залізниць України, як користувача рухомого складу, технічний та моральний стан якого потребує всебічного та скорішого оновлення. Ця методологія дозволяє надати техніко-економічну оцінку альтернативних варіантів з урахуванням усіх можливих змін протягом життєвого циклу і дає змогу робити прогнози доцільності та вигідності інноваційно-інвестиційних проектів по створенню та втіленню в експлуатацію нової техніки та модернізації тієї, що вже використовується.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. На вирішення завдання покращання діяльності пасажирського господарства АТ "Укрзалізниця" спрямовані зусилля багатьох науковців і фахівців залізничного транспорту. Автори дослідження [1] на підставі аналізу технічного стану та віку парку пасажирських вагонів приходять до висновку про необхідність негайного оновлення пасажирського рухомого складу. У роботі [2] виконано дослідження стану парку пасажирських вагонів та вагоноремонтної бази. У статтях [3, 4] подано результати статистичного аналізу величин зносів та пошкоджень вузлів пасажирських вагонів різних років побудови, що відпрацювали свій термін служби, та розроблені відповідні рекомендації подальшого відновлення їх працездатності.

Ряд досліджень присвячений удосконаленню методології визначення життєвого циклу та його вартості. Так, щодо тягового рухомого складу ці питання детально висвітлені в роботах Тартаковського Е. Д., Грищенко С. Г., Фалендиша А. П. та ін. [5-8].

В статті [9] доведено, що використання економічного показника "вартість життєвого циклу" є одним з основних критеріїв при виборі варіанту рішень інвестиційного характеру на довгостроковий період.

В статті [10] проаналізовано проблеми, що виникають у зв'язку із реалізацією програми оновлення тягового рухомого складу локомотивного господарства залізниць України. Розглянуто теоретичні положення вибору варіанту оновлення тягового рухомого складу з урахуванням його життєвого циклу.

Теоретичні положення оцінки життєвого циклу тепловоза після модернізації його вузлів та агрегатів на основі показника вартість життєвого циклу викладено в роботі [11].

В статті [12] викладено теоретичні положення забезпечення інвестиційного розвитку локомотивного господарства на основі вартості життєвого циклу.

В дослідженні [13] визначена стратегія раціонального оновлення пасажирського вагонного парку в умовах дефіциту інвестицій, а в роботі [14] викладені положення визначення витрат на життєвий цикл вантажного вагона.

Концептуальний підхід стосовно визначення параметрів життєвого циклу пасажирського вагона викладено в роботі фахівців УкрДУЗТ [15].

Тобто кількість досліджень стосовно використання показника вартість життєвого циклу LCC як одного з основних критеріїв при оцінках і ухваленні рішень інвестиційного характеру на довгостроковий період досить велика. Але питання адаптації цього показника до особливостей експлуатації та утримання в технічно справному стані пасажирських вагонів залізниць України потребує подальшого розвитку. Першим кроком у вирішенні цієї науково-практичної проблеми може бути дослідження та аналіз експлуатаційних складових економіко-технологічних станів існуючих пасажирських вагонів на основі фактичних даних експлуатації.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та проведення аналізу експлуатаційних складових економіко-технологічних станів існуючих пасажирських вагонів на основі фактичних даних АТ "Укрзалізниця".

Матеріали та методи дослідження. Як було зазначено раніше, в роботі [15] була запропонована концепція життєвого циклу пасажирського вагону. Не підлягає сумніву, що самим значним етапом життєвого циклу як за тривалістю, так і за витратами, є етап "Експлуатація пасажирського вагону", який включає процеси прийняття транспортною компанією (підрозділом) вагону, введення його в робочий парк вагонів для безпосереднього використання відповідно по призначенню (у тому числі гарантійний строк), підтримка парку вагонів в установленому ступені його готовності до використання шляхом проведення комплексу заходів (у тому числі технічного обслуговування та ремонту), спрямованих на забезпечення та (або) відновлення працездатності та справності вагонів. Розглянемо цей етап більш детально з точки зору економіко-технологічних станів.

Протягом експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирський вагон може знаходитись у наступних технологічних станах, що пов'язані з безпосередньою експлуатацією та утриманням пасажирського вагона в технічно справному стані:

1. Екіпування.
2. Обслуговування у пасажирських поїздах.
3. Утримання в технічно справному стані шляхом проведення технічного обслуговування у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів за програмою:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ТО-1;
- ТО-2;
- ТО-3.

4. Технічне обслуговування за програмою ТО-1 пасажирських вагонів на шляху прямування.

5. Відновлення технічного ресурсу шляхом проведення ремонтів:

- поточного ремонту з відчепленням;
- деповського ремонту
- капітального ремонту КР-1;
- капітального ремонту КР-2;
- капітально-відновлювального ремонту КВР;
- капітального ремонту з продовженням терміну експлуатації КРП.

Схема технологічних станів експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирського вагона T_e від моменту початку експлуатації $t_{n,e}$ до моменту завершення експлуатації $t_{k,e}$ наведено на рис. 1.

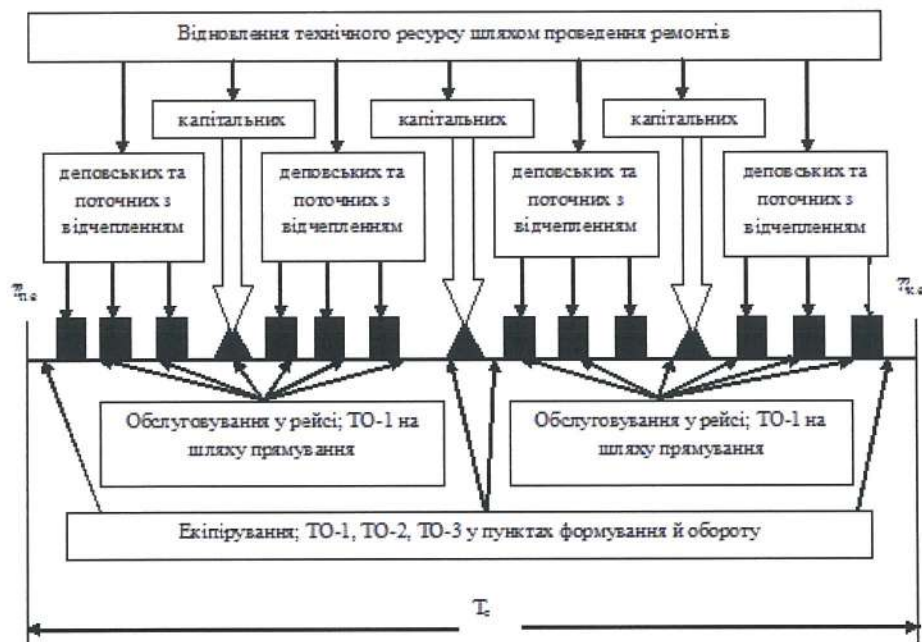


Рис. 1. Технологічні стани експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирського вагона

Кожен технологічний стан пасажирського вагона супроводжується експлуатаційними витратами, економічний облік яких ведеться за відповідними статтями "Номенклатури витрат..." [16]. В таблиці 1 наведено перелік статей у відповідності до технологічних станів пасажирського вагона. Слід відмітити, що в умовах заліз-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ниць України економічний облік експлуатаційних витрат ведеться за видами сполучень пасажирських перевезень, а саме:

- у внутрішньодержавному (крім приміського і регіонального) та міжнародному;
- у приміському і регіональному.

На жаль економічний облік експлуатаційних витрат на конкретний пасажирський вагон до того ж ще й за видами сполучень не ведеться. Тому, для аналізу можна визначити лише фактичні річні експлуатаційні витрати в середньому на один пасажирський вагон.

Щорічна сума експлуатаційних витрат на робочий парк пасажирських вагонів за видами сполучень визначається за формулами:

- у внутрішньодержавному (крім приміського і регіонального) та міжнародному

$$B_e^{ВДМ} = B_{1008} + B_{1009} + B_{1020} + B_{1021} + B_{1022} + B_{1023} + B_{4007}^{ВДМ} + B_{6007} + B_{6009} + B_{6012} \quad (1)$$

- у приміському і регіональному

$$B_e^{н.р.} = B_{2003} + B_{2004} + B_{2006} + B_{2020} + B_{2021} + B_{2022} + B_{4007}^{н.р.} + B_{6008} + B_{6040} + B_{6013} \quad (2)$$

де B_i – сума фактичних річних експлуатаційних витрат за відповідною і-ою статтею, грн.;

$B_{4007}^{ВДМ}$, $B_{4007}^{н.р.}$ – сума фактичних річних експлуатаційних витрат за статтею 4007 відповідно, у внутрішньодержавному (крім приміського і регіонального) та міжнародному і у приміському та регіональному сполученні, грн.

В таблиці 1 наведено структуру економіко-технологічних станів пасажирських вагонів, яку визначено за обліком фактичних експлуатаційних витрат АТ «Укрзалізниця». Аналіз показує на те, що найбільша частка експлуатаційних витрат на здійснення пасажирських перевезень пасажирськими вагонами приходить на внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне сполучення – 96,3%, проти 3,7% на приміське і регіональне сполучення. Основним фактором цього є незначне використання парку пасажирських вагонів у приміському і регіональному сполученні, що є позитивною тенденцією.

Найбільш вагомою статтею експлуатаційних витрат є витрати на обслуговування вагонів у пасажирських поїздах – 53,78 % та 64,92 %, відповідно у внутрішньодержавному та міжнародному і приміському та регіональному сполученні. Найменш вагомою статтею експлуатаційних витрат є витрати на технічне обслуговування за програмою ТО-1 пасажирських вагонів на шляху прямування – 0,47 % та 0,06 %, відповідно у внутрішньодержавному та міжнародному і приміському та регіональному сполученні.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. – Структура економіко-технологічних станів пасажирських вагонів

Технологічний стан	Вид сполучення			
	внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне		приміське і регіональне	
	№ статті	Структура, %	№ статті	Структура, %
Екіпірування пасажирських вагонів	1008	4,53	2003	4,28
Обслуговування вагонів у пасажирських поїздах	1009	53,78	2004	64,92
Амортизація пасажирських вагонів	-	-	2006	19,84
Технічне обслуговування за програмою ТО-1 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів	1020	11,91	2020	3,48
Технічне обслуговування за програмою ТО-2 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів	1021	0,59	2021	1,06
Технічне обслуговування за програмою ТО-3 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів	1022	2,14	2022	0,51
Амортизація пасажирських вагонів (купейні вагони)	1023	9,62		
Технічне обслуговування за програмою ТО-І пасажирських вагонів на шляху прямування	4007	0,47	4007	0,06
Поточний ремонт з відчепленням пасажирських вагонів	6007	1,29	6008	0,12
Деповський ремонт пасажирських вагонів	6009	7,79	6010	4,11
Капітальний ремонт пасажирських вагонів	6012	7,71	6013	1,62
Деповський ремонт пасажирських вагонів у швидкісних та прискорених пасажирських поїздах, що курсують у внутрішньому сполученні	6016	0,01		
Капітальний ремонт пасажирських вагонів у швидкісних та прискорених пасажирських поїздах, що курсують у внутрішньому сполученні	6017	0,15		
Структура за видами сполучень, %		96,3		3,7

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. – Структура економіко-технологічних станів пасажирських вагонів за угрупуванням експлуатаційних витрат, %

Група експлуатаційних витрат	Вид сполучення	
	внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	приміське і регіональне
1 група	54,34	64,98
2 група	19,20	9,33
3 група	16,82	5,85
4 група	9,64	19,84

Фактичні експлуатаційні витрати умовно можна угрупувати наступним чином:

1. Обслуговування у рейсі та технічне обслуговування пасажирських вагонів за програмою ТО-1 на шляху прямування.
2. Екіпірування та технічне обслуговування пасажирських вагонів за програмами ТО-1, ТО-2, ТО-3 у пунктах формування й обороту.
3. Відновлення технічного ресурсу пасажирських вагонів шляхом проведення поточних ремонтів з відчепленням, деповських та капітальних ремонтів.
4. Амортизація пасажирських вагонів.

Тоді структура експлуатаційних витрат характеризується наступним чином (таблиця 2).

Кожна із статей складається з економічно однорідних елементів:

- оплата праці, $B^{оп}$;
- відрахування на соціальні заходи (на теперішній час – Єдиний соціальний внесок), $B^{с.з.}$;
- матеріали, B^M ;
- паливо, $B^П$;
- електроенергія, B^e ;
- амортизація, $B^{ам}$;
- інші, B'' .

Елемент витрат «Амортизація» в подальшому не включасмо до урахування у відповідності до положень методології оцінки життєвого циклу рухомого складу залізниць [5, 6].

Сумарні фактичні експлуатаційні витрати за i -ою статтею витрат економіко-технологічного стану пасажирських вагонів за видом сполучення визначаються за формулами:

- у внутрішньодержавному (крім приміського і регіонального) та міжнародному

$$B_{ei}^{ВДМ} = B_i^{оп} + B_i^{с.з.} + B_i^M + B_i^П + B_i^e + B_i'' . \quad (3)$$

-у приміському і регіональному

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$B_{ei}^{n.p.} = B_i^{Op} + B_i^{c.z.} + B_i^M + B_i^{\Pi} + B_i^e + B_i^m. \quad (4)$$

У таблицях 3–11 наведено структуру фактичних експлуатаційних витрат економіко-технологічних станів сучасних пасажирських вагонів за елементами витрат.

Таблиця 3. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на екіпування пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	1008	2003
Елемент витрат, %:		
оплата праці	46,7	49,3
відрахування на соціальні заходи	10,4	11,2
матеріали	5,6	1,9
паливо	24,0	33,2
електроенергія	2,4	0,1
інші витрати	10,9	4,3

Таблиця 4. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на обслуговування вагонів у пасажирських поїздах

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	1009	2004
Елемент витрат, %:		
оплата праці	71,4	77,0
відрахування на соціальні заходи	16,3	17,4
матеріали	0,9	0,4
паливо	0,7	2,8
електроенергія	3,8	
інші витрати	6,9	2,4

Таблиця 5. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на технічне обслуговування за програмою ТО-1 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	1020	2020
Елемент витрат, %:		
оплата праці	56,4	63,3
відрахування на соціальні заходи	12,6	14,2
матеріали	25,6	16,8
паливо	0,1	
електроенергія	1,1	2,3
інші витрати	4,2	3,4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 6. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на технічне обслуговування за програмою ТО-2 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	1021	2021
Елемент витрат, %:		
оплата праці	49,0	66,0
відрахування на соціальні заходи	10,9	14,6
матеріали	33,4	17,9
паливо		
електроенергія	1,5	
інші витрати	5,2	1,5

Таблиця 7. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на технічне обслуговування за програмою ТО-3 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	1022	2022
Елемент витрат, %:		
оплата праці	34,4	31,7
відрахування на соціальні заходи	7,7	7,5
матеріали	44,7	43,0
паливо	0,1	1,7
електроенергія	2,5	0,7
інші витрати	10,5	15,4

Таблиця 8. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на технічне обслуговування за програмою ТО-1 пасажирських вагонів на шляху прямування

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	4007	4007
Елемент витрат, %:		
оплата праці	78,2	77,3
відрахування на соціальні заходи	17,4	16,7
матеріали		
паливо		
електроенергія		
інші витрати	4,4	6,1

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 9. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на поточний ремонт з відчепленням пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	6007	6008
Елемент витрат, %:		
оплата праці	36,8	68,0
відрахування на соціальні заходи	8,2	15,6
матеріали	40,7	3,9
паливо		
електроенергія	1,2	3,9
інші витрати	13,0	8,6

Таблиця 10. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на деповський ремонт пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	6009	6010
Елемент витрат, %:		
оплата праці	32,4	40,1
відрахування на соціальні заходи	7,2	8,9
матеріали	42,3	43,6
паливо	0,4	0,1
електроенергія	1,2	1,9
інші витрати	16,5	5,3

Таблиця 11. – Структура фактичних експлуатаційних витрат на капітальний ремонт пасажирських вагонів

Вид пасажирських перевезень за сполученням	Внутрішньодержавне (крім приміського і регіонального) та міжнародне	Приміське і регіональне
Номер статті	6012	6013
Елемент витрат, %:		
оплата праці	27,3	19,4
відрахування на соціальні заходи	6,1	4,3
матеріали	40,8	35,0
паливо	0,5	0,1
електроенергія	1,0	0,6
інші витрати	24,3	40,7

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз структури вказує на те, що в структурі наступних економіко-технологічних станів пасажирських вагонів: екіпірування; обслуговування вагонів у пасажирських поїздах; технічне обслуговування за програмою ТО-1 та ТО-2 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів; технічне обслуговування за програмою ТО-1 пасажирських вагонів на шляху прямування найбільш вагомим елементом є елемент «Оплата праці», який складає від 45% до 77%. В структурі наступних економіко-технологічних станів пасажирських вагонів: технічне обслуговування за програмою ТО-3 у пунктах формування й обороту пасажирських вагонів; поточний ремонт з відчепленням пасажирських вагонів; деповський ремонт пасажирських вагонів; капітальний ремонт пасажирських вагонів найбільш вагомим елементом є елемент «Матеріали», який складає від 35% до 45%. Така структура пояснюється особливостями технологічних станів експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирських вагонів і в подальшому може бути урахована при розробці відповідної математичної моделі.

Висновки. Вирішення науково-практичної проблеми оновлення існуючого парку пасажирських вагонів обумовлює необхідність розробки методології, яку необхідно покласти в основу проведення техніко-економічного аналізу та наукового обґрунтування вибору можливих варіантів оновлення. Першим кроком у вирішенні цієї науково-практичної проблеми може бути дослідження та аналіз експлуатаційних складових економіко-технологічних станів існуючих пасажирських вагонів на основі фактичних даних експлуатації.

Проведене дослідження та аналіз структури економіко-технологічних станів пасажирських вагонів за фактичними даними АТ "Укрзалізниця" дозволило визначити найбільш вагомі елементи в структурі витрат з урахуванням особливостей технологічних станів експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирських вагонів.

Результати проведеного аналізу в подальшому будуть ураховані при розробці відповідної математичної моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Божок Н. О., Булгакова Ю. В., Пуларія А. Л. Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2014. Вип. 8. С. 78-87.
2. Лобойко Л. М., Бараш Ю. С. Стан вагонного парку та вагоноремонтної бази в Україні // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2007. Вип. 19. С. 176-182.
3. Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Павленко Ю. С., Сергієнко М. О. Аналіз технічного стану кузовів пасажирських вагонів. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Транспортне машинобудування. Х.: НТУ "ХПІ". 2018. № 45 (1321). С. 41-46.
4. Шкунов О. А., Рейдемейстер О. Г., Анофрієв В. Г. Дослідження граничного стану пасажирських вагонів. Вагонний парк. 2012. № 12. С. 4-6.
5. Методы оценки жизненного цикла подвижного состава железных дорог: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. Л.: Ноулидж, 2011. 174 с.
6. Методологія визначення вартості життєвого циклу в контексті оцінки інноваційно-інвестиційних проектів тягового рухомого складу залізниць України: монографія / Ю. Е. Калабухін, О. І. Зоріна, Н. М. Каменева. Суми: Тритотрія. 2018. 395-404 с.
7. Калабухін Ю. Є. Теоретичні положення визначення вартості життєвого циклу тягового рухомого складу. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2008. Вип. 24. С. 221-225.
8. Калабухін Ю. Є., Тартаковський Е. Д. Теоретичні положення оновлення тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу. Зб. наукових праць. Х.: УкрДАЗТ. 2009. Вип. 111. С. 106-120.

9. Калабухін Ю.Є. Концепція життєвого циклу в теоретичному підході вибору варіанту інвестицій в оновлення парку тягового рухомого складу. Вісник економіки транспорту і промисловості. Харків: УкрДАЗТ, 2018. Вип. 62. С. 241-248.
10. Рудковський О. В. Обґрунтування вибору варіанту оновлення локомотивів з урахуванням життєвого циклу. Зб. наук. праць. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 166. С. 172-179.
11. Рудковський О. В. Теоретичні положення оцінки життєвого циклу модернізації тепловоза. Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2015. №2 С. 130-135.
12. Ткаченко В. В. Теоретичні положення забезпечення інвестиційного розвитку локомотивного господарства на основі вартості життєвого циклу. Вісник економіки транспорту і промисловості. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 46. С. 329-334.
13. Бараш Ю. С. Стратегія раціонального оновлення пасажирського вагонного парку в умовах дефіциту інвестицій. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2006. Вип. 10. С. 130-140.
14. Бараш Ю. С., Романко В. И., Сидоренко И. И. Определение затрат на жизненный цикл грузового вагона. Вісн. Харк. нац. ун-ту. Економічна серія. Х., 2002. Вип. 565. С. 47-49.
15. Мартинов І. Е., Калабухін Ю. Є., Труфанова А. В. Концепція життєвого циклу пасажирського вагону. Збір. наук. праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія "Транспортні системи і технології". Вип. 38. К: ДУІТ 2021. С. 153-163.
16. Номенклатура витрат з основних видів економічної діяльності залізничного транспорту України. Київ : ПАТ "Укрзалізниця". 2018. 451 с. Затверджена наказом ПАТ "Укрзалізниця" від 01.11.2018 р. № 669-Ц.

Yu. Ye. Kalabukhin

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiierbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +380 577 301047, E-mail: kalabuxin-fet@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

I. E. Martynov

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiierbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +380 57 301036, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

A. V. Trufanova

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiierbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +380 577 301035, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL COMPONENTS OF THE ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL STATES OF THE LIFE CYCLE OF PASSENGER CARS

The article analyzes the state of the fleet of passenger cars of JSC "Ukrzaliznytsia" and shows that they have almost exhausted their resource. Significant wear and tear of the passenger train, non-compliance of its technical and economic characteristics with modern requirements and deterioration of the infrastructure further exacerbate the problems of the industry.

Renewal of the fleet of passenger cars is possible both through the acquisition of new models, and through the modernization of cars that have exhausted their resource. Both options require significant capital investments with a mandatory feasibility study for choosing the best option. During choosing a model of a new type of passenger car, it is necessary to take into account the capabilities of not only domestic, but also foreign manufacturers. It is substantiated that today the consumer is interested not only in the price of a new car, but also in the costs of its operation and maintenance in a technically sound condition during the life cycle. Therefore, the choice should be based on the criterion of minimizing the cost of the life cycle of a passenger car.

It has been established that the longest and most costly phase of the life cycle of a passenger car is its operation. A conceptual approach to determining the cost of the life cycle of a passenger car is considered.

Accordingly, at the first stage of implementation, a study was made of possible economic and technological states of the car during operation.

It has been established that most of the operating costs for the implementation of passenger transportation by passenger cars fall on domestic (except for suburban and regional) and international traffic.

It is shown that for the maintenance of TO-1 and TO-2 at the points of formation and turnover of passenger cars and the maintenance of TO-1 passenger cars for following, the most significant element is the element "Payment".

For more technologically complex and material-intensive economic and technological states of passenger cars: maintenance of TO-3; current repair with uncoupling; depot repair of passenger cars; overhaul of passenger cars the most significant element is the "Materials" element.

The results of the research will be used to build a mathematical model of the life cycle of a passenger car.

Key words: passenger car, life cycle, operating costs, maintenance, depot repair, overhaul.

REFERENCES

1. Bozhok N. O., Bulhakova YU. V., Pulariya A. L. (2014) Doslidzhennya suchasnoho stanu parku pasazhyrskyykh vahoniv [Research of the current state of the passenger car fleet]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan* . 8, 78-87 [in Ukrainian].
2. Loboyko L. M., Barash Yu. S. (2007) Stan vahonnoho parku ta vahonoremontnoyi bazy v Ukraini [The state of the car fleet and car repair base in Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 19, 176-182 [in Ukrainian].
3. Martynov I. E., Trufanova A. V., Pavlenko Yu. S., Sergienko M. O. (2018) Analiz tekhnichnoho stanu kuzoviv pasazhyrskyykh vahoniv [Analysis of the technical condition of the bodies of passenger cars]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPi". Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh. Transportne mashynobuduvannya - Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies. Transport engineering*, 45 (1321), 41-46 [in Ukrainian].
4. Shykunov O. A., Reydemeyster O. H., Anofriyev V. H. (2012). Doslidzhennya hranychnoho stanu pasazhyrskyykh vahoniv [Research of the limit state of passenger cars]. *Vahonnyy park - Car park*, 12, 4-6 [in Ukrainian].
5. Tartakovskiy E. D., Grishchenko S. G., Kalabukhin, Yu. E., Falendysh, A. P. (2011). *Metody otsenki zhiznennogo tsikla podvizhnogo sostava zheleznykh dorog [Methods for assessing the life cycle of rolling stock of railways]*. Luhansk: Noulydzh [in Russian].

6. Kalabukhin Yu. E., Zorina O. I., Kameneva N. M. (2018) *Metodolohiya vyznachennya vartosti zhytlyevoho tsykladu v konteksti otsinky innovatsiyno-investytsiynykh proektiv tyahovoho rukhomoho skladu zaliznyts' Ukrainy [Methodology for determining the value of the life cycle in the context of evaluation of innovation and investment projects of traction rolling stock of the railways of Ukraine]*. Sumi: Tritoriya. [in Ukrainian].
7. Kalabukhin Yu. E. (2008) Teoretychni polozhennya vyznachennya vartosti zhytlyevoho tsykladu tyahovoho rukhomoho skladu [Theoretical provisions for determining the value of the life cycle of traction rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 24, 221-225 [in Ukrainian].
8. Kalabukhin Yu. E., Tartakovskiy, E. D. (2009) Teoretychni polozhennya onovlennya tyahovoho rukhomoho skladu z urakhuvanniam zhytlyevoho tsykladu [Theoretical provisions for updating the traction rolling stock taking into account the life cycle]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koyi derzhavnoyi akademiyi zaliznychnoho transportu - Collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport*, 111, 106-120 [in Ukrainian].
9. Kalabukhin Yu. E. (2018) Kontseptsiya zhytlyevoho tsykladu v teoretychnomu pidkhodi vyboru variantu investytsiy v onovlennya parka tyahovoho rukhomoho skladu [The concept of life cycle in the theoretical approach to choosing an investment option in the renewal of the fleet of traction rolling stock]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti - Bulletin of transport economics and industry*, 62, 241-248 [in Ukrainian].
10. Rudkovsky O. V. (2016) Obgruntuvannya vyboru variantu onovlennya lokomotyviv z urakhuvanniam zhytlyevoho tsykladu [Rationale for choosing the option of updating locomotives taking into account the life cycle]. *Zbirnyk naukovykh prats' ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu - Collection of scientific papers ukrainian state university railway transport*, 166, 172-179 [in Ukrainian].
11. Rudkovsky O. V. (2015) Teoretychni polozhennya otsinky zhytlyevoho tsykladu modernizatsiyi teplovoza [Theoretical provisions for assessing the life cycle of locomotive modernization]. *Visnyk Cherkas'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu - Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 2, 130-135 [in Ukrainian].
12. Tkachenko V. V. (2014) Teoretychni polozhennya zabezpechennya investytsiynoho rozvytku lokomotyvnoho hospodarstva na osnovi vartosti zhytlyevoho tsykladu [Theoretical provisions for investment development of the locomotive economy based on the cost of life cycle]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti - Bulletin of transport economics and industry*, 46, 329-334 [in Ukrainian].
13. Barash Yu. S. (2006) Stratehiya ratsionalnoho onovlennya pasazhyrs'koho vahonnoho parku v umovakh de-fitsytu investytsiy [The strategy of rational renewal of the passenger car fleet in the minds of the lack of investment]. *Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 10, 130-140 [in Ukrainian].
14. Barash Yu. S., Romanko V. Y., Sydorenko Y. Y. (2002) Opredelenye zatrat na zhyznennyi tsykl hruzovoho vahona [Determination of costs for the life cycle of a freight car]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu. Ekonomichna seriya - Bulletin of the Kharkiv National University. Economic series*, 565, 47-49. [in Russian].
15. Martynov I. E., Kalabukhin Yu. Ye., Trufanova A. V. Kontseptsiya zhytlyevoho tsykladu pasazhyrs'koho vahonu [The concept of the life cycle of a passenger car]. *Zbirnyk naukovykh prats' Derzhavnoho universytetu infrastruktury ta tekhnolohiy Ministerstva osvity i nauky Ukrainy: Seriya "Transportni systemy i tekhnolohiyi - Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine: Series "Transport Systems and Technologies"*, 38, 153-163. [in Ukrainian].
16. Nomenklatura vytrat z osnovnykh vydiv ekonomichnoi diialnosti zaliznychnoho transportu Ukrainy [Nomenclature of costs for the main types of economic activity of railway transport of Ukraine] (2018). – Kyev: Ukrzaliznytsia [in Ukrainian].

М.О. Багров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60324, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-4290>

Ж.О. Семко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

О.В. Калаганова

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: kitanka3110@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2487-0329>

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ

Останнім часом набула актуальності процедура оцінювання відповідності продукції для рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту в особливих умовах надзвичайного стану, пов'язаних з введенням в Україні воєнного стану, а також посиленням негативного впливу пандемії COVID 19 на діяльність органів з сертифікації та підприємств-заявників сертифікації.

Несприятливі фактичні умови, спад рівня виробництва, що склалися, вимагають більш гнучкого підходу до вирішення питань з оцінки відповідності продукції за умов дотримання нормативних вимог. Під терміном нормативні вимоги слід розуміти такі, що є об'єктивними та обов'язковими для виконання (окрім випадків встановлених законодавством) для усіх учасників процесу оцінки відповідності, зокрема процесу сертифікації або нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

Також слід враховувати той факт, що вплив особливих умов надзвичайного стану не має створювати враження щодо допущення послаблення нормативних вимог до продукції, яку заявлено на сертифікацію. Ці нормативні вимоги залишаються незмінними з точки зору забезпечення характеристик та властивостей продукції, які гарантують її відповідність, та отже й її безпечність.

© Багров М.О., Семко Ж.О., Калаганова О.В., 2022

Не має сумнівів, що для виконання поставленої задачі органу з сертифікації необхідно визначити спосіб або метод, порядок, критерії, інші умови для отримання достовірного та об'єктивного результату щодо оцінки відповідності продукції. Від цього залежить не тільки рішення чи відповідає або не відповідає продукція вимогам, що на неї розповсюджуються, але і життя, і здоров'я персоналу органу з сертифікації. Тому дуже важливо під час прийняття рішення щодо проведення робіт із сертифікації або наглядання здійснити правильний вибір схеми сертифікації, способів спілкування із представниками підприємства-заявника, методів передачі і отримання задокументованої інформації, умов дотримання конфіденційності та неупередженості.

Інформація, що наведена у цій статті, призвана сприяти розумінню щодо суті запропонованого підходу у вирішенні питань з оцінки відповідності.

Ключові слова: оцінка відповідності, сертифікація, несприятливі фактичні умови, надзвичайний стан, нормативні вимоги.

Н.А. Багров

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: +380 536(6) 60324, E-mail: lab9@ukrndiv.com.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-4290>

Ж.А. Семко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

Е.В. Калаганова

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: +380 536(6) 60250, e-mail: kitanka3110@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2487-0329>

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

В последнее время приобрела актуальность процедура оценки соответствия продукции для подвижного состава и инфраструктуры железнодорожного транспорта в особых условиях чрезвычайной ситуации, которые связаны с введением в Украине военного положения, а также с усилением негативного влия-

ння пандемії COVID 19 на діяльність органів по сертифікації і підприємств-заявників сертифікації.

Сложившиєся неблагоприятні фактичні умови, спад рівня виробництва вимагають більш гнучкого підходу до рішення питань по оцінці відповідності продукції при умові дотримання нормативних вимог. Під терміном нормативні вимоги слід розуміти такі, які є об'єктивними і обов'язковими для виконання (крім випадків, установлених законодавством) для всіх учасників процесу оцінки відповідності, в тому числі процесу сертифікації або нагляду за виробництвом сертифікованої продукції.

Також слід врахувати той факт, що вплив особливих умов надзвичайного положення не повинно створювати враження про допустимість послаблення нормативних вимог до продукції, яку заявлено на сертифікацію. Ці нормативні вимоги залишаються незмінними з точки зору забезпечення характеристик і властивостей продукції, які гарантують її відповідність, і, відповідно, її безпеку.

Немає сумнівів, що для виконання поставленої задачі органу по сертифікації необхідно визначити спосіб або метод, порядок, критерії, інші умови для отримання достовірного і об'єктивного результату щодо оцінки відповідності продукції вимогам, які на неї поширюються, а також життя і здоров'я персоналу органу по сертифікації. Тому дуже важливо в час прийняття рішення про проведення робіт по сертифікації або нагляду зробити правильний вибір схеми сертифікації, способів спілкування з представниками підприємств-заявників, методів передачі і отримання задокументованої інформації, умов дотримання конфіденційності і неупередженості.

Інформація, наведена в цій статті, призначена сприяти розумінню суті запропонованого підходу до рішення питань по оцінці відповідності.

Ключові слова: оцінка відповідності, сертифікація, неблагоприятні фактичні умови, надзвичайне положення, нормативні вимоги.

Вступ. Згідно із законом України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [1] відповідність продукції, що вводиться в експлуатацію або обіг, надається на ринку країни, заданим (зокрема нормативним) вимогам має бути встановлена під час виконання певних процедур, визначених законодавством.

Термін «процедура оцінки відповідності» визначено у статті 1 закону [1] таким чином:

«процедура оцінки відповідності - будь-яка процедура, яка безпосередньо чи опосередковано використовується для визначення того, що задані вимоги виконуються».

До таких процедур згідно із законом [1] відносяться процедури:

- оцінка відповідності як «процес доведення того, що задані вимоги, які стосуються продукції, процесу, послуги, системи, особи чи органу, були виконані»;
- підтвердження відповідності як «видача документа про відповідність, яка ґрунтується на прийнятому після критичного огляду рішенні про те, що виконання заданих вимог було доведено»;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- сертифікація як «підтвердження відповідності третьою стороною, яке стосується продукції, процесів, послуг, систем або персоналу»;
- інспектування як «перевірка продукції, процесу, послуги чи установки або їх проекту та визначення їх відповідності конкретним вимогам або, на основі професійного судження, загальним вимогам».

При цьому термін «наглядання/нагляд» у законі [1] не визначено.

Але згідно з пунктом 7.9 ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019 [2] наведено умови щодо встановлення та визначення періодичності проведення нагляду за сертифікованою продукцією (7.9.3 [2]), або процесом чи послугою (7.9.4 [2]) у разі постійного використання знака сертифікації якщо це передбачено схемою сертифікації.

Для визначення мети проведення нагляду звернемось до ДСТУ 3413-96 [3]:

Відповідно до 6.9.1 [3] встановлено, що для впевненості у стабільності показників продукції, що підтверджені під час сертифікації, має провадитись технічний нагляд. У додатку Е [3] визначено, що технічний нагляд проводиться з метою:

«Е.1.2.1 Забезпечення постійної відповідності сертифікованої продукції вимогам нормативних документів;

Е.1.2.2 Підтримки впевненості всіх зацікавлених сторін у тому, що сертифікована продукція продовжує відповідати зазначеним вимогам і знак відповідності використовується вірно.

Е.1.2.3 Попередження виникнення умов, що можуть привести до випуску продукції, що не відповідає вимогам нормативних документів.

Е.1.2.4 Виявлення причин невідповідності продукції, встановлених під час проведення нагляду. ...»

Примітка. ДСТУ 3413-96 скасовано з 01.01.2018 згідно з наказом ДП «УкрНДНЦ» від 2017-12-29 № 500.

Крім того, відповідно до розділу 6 ДСТУ-Н ПМГ 40:2009 [4] при сертифікації продукції у сфері залізничного транспорту передбачено проведення інспекційного контролю, який за своїми основними видами робіт можна кваліфікувати як проведення нагляду.

Примітка. При інспекційному контролі згідно із [4] здійснюють такі види робіт:

- аналіз інформації про якість сертифікованої залізничної продукції, отриманої від отримувача сертифікату, залізничних адміністрацій, залізниць або інших заінтересованих організацій;
- проведення перевірки підприємства з аналізом стану виробництва (системи управління якістю), проведення випробувань продукції;
- аналіз отриманих результатів, оформлення звітних документів та прийняття рішення за результатами інспекційного контролю».

Отже, як і проведення робіт з оцінки відповідності (сертифікації) так і проведення робіт з нагляду (наглядання) за сертифікованою продукцією, якщо нагляд передбачений схемою сертифікації, узгодження якої здійснюється на етапі подання заявки та прийняття рішення за заявкою, є обов'язковими для виконання з урахуванням обставин, що пов'язані із несприятливими фактичними умовами щодо воєнного стану або карантину.

Мета. Метою цієї статті є визначення порядку, випадків та критеріїв проведення оцінки відповідності (сертифікації) продукції за обраною схемою, включаючи наглядання/нагляд, зокрема в умовах надзвичайної ситуації з урахуванням фактичних обставин.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Матеріал та результати досліджень. Оцінювання та/або наглядання (технічний нагляд) є основними невід'ємними етапами процесу оцінки відповідності (сертифікації) продукції, послуг, атестації виробництва.

Розгляд процесу оцінювання, як комбінації функцій щодо діяльності органу з сертифікації стосовно оцінки відповідності, містить аналіз відповідних документів, відбір зразків, проб, випробування та наглядання (технічний нагляд).

Для впровадження оцінювання орган з сертифікації (ОС) готує план для діяльності з оцінювання, щоб управляти необхідними заходами.

У разі, якщо наглядання охоплює також оцінювання, розгляд або рішення щодо сертифікації (одночасне здійснення наглядання (технічного нагляду) та повторної оцінки відповідності (сертифікації), ОС виконує вимоги до наглядання з урахуванням вимог щодо оцінювання.

Залежно від особливостей обраної схеми сертифікацій і вимог до продукції, послуг, виробництва, цей план може бути загальним, придатним для всіх схем сертифікацій, що застосовує ОС, або спеціальним планом для окремого виду діяльності за обраною схемою.

Необхідність оцінити продукцію, або послуги, або виробництво здійснюється ОС відповідно до вимог, які містить галузь сертифікації, та інших вимог, визначених схемою сертифікації (атестації виробництва).

Доречно звернути увагу, що галузь сертифікації можна розглядати як сферу акредитації органу з сертифікації, якщо він пройшов процедуру акредитації в національному або іншому органі з акредитації відповідно до вимог, встановлених Законом України «Про акредитацію органів оцінки відповідності» [5].

Також треба визначити, що схеми сертифікації, які впроваджуються органом з сертифікації відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17067:2014 [6] є системою з сертифікації, яка розповсюджується на певну продукцію, до якої застосовуються одні ті самі встановлені вимоги, певні правила і процедури (пункт 3.2 [6]).

Для зменшення ризиків для життя та здоров'я персоналу ОС, пов'язаних, перш за все, з відрядженнями на підприємства-заявники сертифікації (атестації виробництва) в умовах посилення негативного впливу пандемії COVID 19 на діяльність ОС та діяльність підприємств-заявників або з введенням в Україні воєнного стану ОС, за можливістю, уникає будь-яких прямих контактів з персоналом підприємства-заявника, а саме скорочує кількість відряджень персоналу ОС, або за умов введення в Україні воєнного стану припиняє будь-які відрядження персоналу на підприємства-виробники.

Для реалізації процесу оцінки відповідності (сертифікації) в особливих умовах ОС віддає перевагу наступним методам оцінювання та наглядання за продукцією, послугами, виробництвом, а саме:

- аналізуванню документів, які отримуються від підприємства-заявника одночасно із заявкою на оцінку відповідності (сертифікацію) продукції, послуг, атестацію виробництва;
- аналізуванню документів, які надаються на електронну адресу ОС, за запитом;
- оцінюванню документів об'єктивного фото-контролю, отриманих в режимі «он-лайн» за запитом ОС;
- проведенню «відеоконференцій» тощо.

У разі виявлення невідповідностей, ОС інформує заявника про них. Якщо заявник висловлює інтерес в продовженні процесу оцінки відповідності (сертифікації) продукції, послуг, атестації виробництва, ОС надає інформацію щодо додаткових

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

завдань з оцінювання, що є необхідними для перевірки того, що невідповідності були усунені.

Якщо заявник погоджує виконання додаткових завдань з оцінювання, процес оцінювання повторюється, щоб виконати додаткові завдання з оцінювання.

В крайньому випадку, якщо використання методів оцінювання та/або наглядання «он-лайн» не забезпечує повного досягнення мети сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва, та уникнути відрядження на підприємство не вдається, персонал ОС повинен діяти під час відрядження із дотриманням певних заходів безпеки та з використанням засобів індивідуального захисту.

Під час введення надзвичайного або воєнного стану ОС для випадку повторної сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва, як виключення, може здійснювати оцінювання та/або наглядання за скороченою процедурою, без відвідування підприємства-виробника (тобто дистанційно), за умов, якщо:

- заявка на повторну оцінку відповідності (сертифікацію) продукції, послуг, атестацію виробництва подана до ОС завчасно, принаймні за три місяці до закінчення терміну дії документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва;
- договір на оцінку відповідності (сертифікацію) продукції, послуг, атестацію виробництва між заявником та ОС укладений та попередня оплата послуг ОС виконана;
- термін чинності документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва закінчується в період дії надзвичайного або воєнного стану;
- підприємство-заявник сумлінно виконувало вимоги ліцензійної угоди, своєчасно забезпечувало проведення технічного нагляду протягом дії документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва;
- підприємство-заявник надало документи на будь-якому носії, які є переконливим доказом відповідності продукції, послуг, атестованого виробництва встановленим вимогам, а саме довідки щодо змін до документації, щодо приписів органів контролю та нагляду, щодо претензій та рекламаций, результати приймально-здавальних, періодичних та інших контрольних випробувань тощо.

В цьому разі рішення про проведення дистанційної оцінки приймається ОС за умов:

- 1) проїзд до Заявника або конкретного місця розташування не є можливим або доцільним (наприклад, з міркувань безпеки для життя та здоров'я персоналу ОС, обмежень або заборони поїздок тощо);
- 2) наявності форс-мажорних обставин;
- 3) діяльність або заходи, заплановані з метою проведення оцінки на місці, не можуть бути завершені, і продовження терміну проведення оцінки на місці не є найдоцільнішим рішенням;
- 4) наявності узгоджених договірних документів та узгодженої дати проведення дистанційної оцінки;
- 5) можливості групи з аудиту та представників підприємства спілкуватись між собою з дотриманням вимог щодо конфіденційності;
- 6) ситуація вимагає, щоб група аудиторів (експертів) ОС ПВ виконала оцінку на місці (наприклад, обстеження виробництва або перевірка виробництва і атестація його технічних можливостей), але такий візит не може бути здійснений у визначений проміжок часу.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Рішення про проведення дистанційної оцінки не може бути прийняте ОС за наступних умов:

1) на підприємстві протягом строку дії сертифіката відповідності на продукцію або атестата виробництва не було проведено технічний нагляд у встановлений ОС термін за зверненням підприємства-заявника щодо відтермінування оцінювання;

2) у разі проведення робіт із первинної сертифікації продукції чи послуги залежно від обраної схеми, або атестації виробництва, що передбачає оцінку на місці.

Мета проведення дистанційної оцінки полягає у встановленні належного рівня довіри до результатів оцінювання та/або наглядання, проведеного за допомогою електронних та/або комунікаційних засобів. Дистанційна оцінка надає можливість підвищити оперативність проведення робіт з оцінювання та наглядання, залучити персонал ОС, який в силу об'єктивних причин не може відвідати об'єкти заявника, а також уникнути затримок та обмежень, що можуть виникнути під час поїздок з метою проведення оцінки на місці.

Використання дистанційного оцінювання може здійснюватися на добровільній основі за взаємною згодою між ОС та Заявником.

При цьому рівень ризику стосовно достовірності отриманих даних під час проведення оцінки має бути прийнятним для ОС. Бажано, залежно від оцінювання та/або наглядання за продукцією, процесом, послугою, щоб до складу групи аудиторів входила особа, яка знайома із конструкцією, складом, технічними характеристиками, особливостями технології виготовлення продукції, технології виконання робіт з виробництва або надання послуг з ремонту та відновлювання рейкового рухомого складу та його запасних частин, щодо яких провадяться роботи з оцінки відповідності (сертифікації, атестації, технічного нагляду), та, якщо доречно, із системою управління якістю підприємства.

Критеріями для прийняття рішення щодо проведення оцінювання та наглядання шляхом дистанційної оцінки є:

- наявність сталого досвіду та підтвердженої позитивної репутації підприємства-заявника щодо виготовлення продукції, або надання послуг з ремонту та відновлювання, або підтвердження технічних можливостей виробництва, які відповідають встановленим вимогам протягом останніх п'яти років;

- можливість організувати електронний або комунікативний зв'язок, який дозволяє застосування засобів відеозйомки та надання підтверджувальних фотоматеріалів;

- можливість надання зразків продукції для проведення випробувань з метою сертифікації або з метою підтвердження технічних можливостей (у разі атестації виробництва) у приміщення випробувального центру продукції вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ»).

Дистанційну оцінку ОС здійснює відповідно до наказу в умовах, що забезпечують:

- наявність потенційної тиші з метою запобігання впливу перешкод та фонового шуму (наприклад, гучномовців);

- використання веб-камер для забезпечення необхідної наочної оцінки події (наприклад, спостереження, інтерв'ю, наради).

Протоколи попередньої, заключної наради та протоколи невідповідності (за їх наявності) у форматі, що забезпечує захист від втручання (наприклад, pdf) з офіційної

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

електронної адреси (офіційного домену) ОС надсилаються на електронну адресу підприємства. Підприємство має роздрукувати, підписати та надіслати скановані зразки до ОС. Також підписані документи надсилаються на поштову адресу ОС на паперових носіях.

Дистанційна оцінка може бути припинена за таких умов:

- в разі неможливості підтримання належного зв'язку (або за його відсутності);
- у разі відсутності або не готовності великогабаритної продукції (вагон, локомотив тощо) за об'єктивних обставин (передача об'єкта замовнику, виконання запланованих видів ремонту не в повному обсязі тощо).

Якщо за наведених вище об'єктивних обставин, склалась ситуація неможливості проведення дистанційної оцінки у зазначені строки, прийняття рішення щодо такої події має бути задокументовано. У разі виникнення такої ситуації фактичний термін проведення дистанційної оцінки може бути подовжено.

Під час дистанційної оцінки є обов'язковим виконання заходів щодо проведення попередньої та заключної нарад, оформлення протоколів невідповідностей (якщо виявлено), актів відбору та ідентифікації зразків, протоколів випробувань інших документів за правилами, що встановлені ОС.

Документи, що перелічено вище, подаються у форматі, що забезпечує захист від втручання (наприклад, pdf) з офіційної електронної адреси (офіційного домену) ОС надсилаються на електронну адресу підприємства. Підприємство має роздрукувати, підписати та надіслати скановані зразки документів до ОС. Також підписані документи надсилаються на поштову адресу ОС на паперових носіях.

Під час заключної наради має бути визначені умови щодо подальшої взаємодії між підприємством-заявником та групою аудиторів (експертів) ОС, а відповідна інформація про це повідомлена керівництву ОС та підприємства-заявника.

Відбір зразків для проведення випробувань здійснює уповноважена особа, призначена керівництвом підприємства-заявника, за довіреністю ОС методом випадкового відбору із партії продукції, або методом найбільшої об'єктивності для передачі їх на випробування у випробувальний підрозділ, призначений ОС. Зразки-свідки із партії, з якої було відібрано зразки для випробувань, мають зберігатися підприємством-заявником в умовах, що забезпечують збереження їх якості та цілісності.

Примітка. Технічно складні, великогабаритні зразки та зразки продукції, що мають заводські номери (вагони, локомотиви, візки, колісні пари тощо), після проведення випробувань з метою оцінки відповідності (сертифікації) не залишають на зберігання в ВЦ (ВЛ) або у заявника, як зразки-свідки, але для цих зразків заявником повинно бути забезпечено їх простежування під час експлуатації.

Відібрані зразки продукції мають бути укомплектовані, упаковані та, за необхідністю, опломбовані (опечатані).

Умови зберігання і транспортування відібраних зразків продукції до випробувального підрозділу не повинні змінювати параметри та характеристики продукції, зокрема ті, за якими будуть проводитися випробування цих зразків.

Уповноважена особа, яка відбирає зразки продукції для випробувань, забезпечує їх збереження і своєчасність доставки до місця проведення випробувань.

Наступні процедури з оцінювання та/або наглядання після дистанційної оцінки здійснюються у звичайному порядку.

Для випадку повторної сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва у разі введення надзвичайного або воєнного стану ОС, як виключення, може здійснювати оцінювання та/або наглядання за скороченою процедурою, без

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

відвідування підприємства-виробника та без проведення випробувань з метою сертифікації, за умов, якщо:

- заявка на повторну оцінку відповідності (сертифікацію) продукції, послуг, атестацію виробництва подана до ОС завчасно, принаймні за три місяці до закінчення терміну дії документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва;

- договір на оцінку відповідності (сертифікацію) продукції, послуг, атестацію виробництва між заявником та ОС укладений та попередня оплата послуг ОС виконана;

- термін чинності документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва закінчується в період дії надзвичайного або воєнного стану;

- підприємство-заявник сумлінно виконувало вимоги ліцензійної угоди, своєчасно забезпечувало проведення технічного нагляду протягом дії документів з попередньої сертифікації продукції, послуг, атестації виробництва;

- підприємство-заявник надало документи на будь-якому носії, які є переконливим доказом відповідності продукції, послуг, атестованого виробництва встановленим вимогам, а саме довідки щодо змін до документації, щодо приписів органів контролю та нагляду, щодо претензій та рекламаций, результати приймально-здавальних, періодичних та інших контрольних випробувань тощо.

Результати аналізування наданих документів оформлюються у вигляді звіту за результатами технічного нагляду за формою встановленою в Порядку ПС 9.15 [7].

За позитивними результатами аналізу наданих доказових документів ОС може прийняти рішення про видачу сертифіката відповідності, атестата виробництва на новий, обмежений термін від трьох до шести місяців.

Після відміни надзвичайного або воєнного стану та закінчення обмеженого терміну дії документів за результатами сертифікації (атестації) за наявності умов щодо безпеки для життя та здоров'я персоналу ОС під час відрядження на підприємство-заявник, за діючим договором ОС проводить заходи у звичайному порядку з аудитом виробництва, відбором та ідентифікацією зразків продукції та проведенням випробувань з метою сертифікації у акредитованому випробувальному підрозділі, з видачею документів за результатами сертифікації (атестації) на термін, передбачений обраною схемою сертифікації.

Оформлення звітних документів з проведення оцінки відповідності (сертифікації) або наглядання (технічного нагляду) дистанційно або за скороченою процедурою виконується відповідно до правил системи сертифікації ОС.

Усі звітні документи (протоколи нарад, звіти тощо) мають містити ідентифікацію об'єктів, які були піддані дистанційній оцінці або оцінці за скороченою процедурою.

Оформлені документи мають об'єктивно забезпечити думку, що вимоги, встановлені до продукції, послуг, виробництва, виконуються.

У разі виявлення доказів або надходження повідомлень (споживачів продукції або послуг, що сертифікуються, органів прокуратури, органів виконавчої влади тощо) щодо навмисного надання з боку підприємства – замовника неправдивої інформації, або приховування інформації, ОС має право прийняти рішення про скасування результатів проведення дистанційної оцінки або оцінки за скороченою процедурою.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

В умовах надзвичайної ситуації порядок виконання оцінки відповідності (сертифікації) чи наглядання (технічного нагляду) спрямований в загальному випадку на забезпечення того, що:

а) вимоги до провадження оцінювання та наглядання чітко визначені, документально оформлені і зрозумілі;

б) будь-які розбіжності між ОС і замовником усунено;

в) ОС здатен надати послуги з оцінювання та наглядання стосовно заявленої галузі оцінки відповідності та, якщо доречно, визначити умови проведення обстеження об'єктів заявника, а також будь-яких інших спеціальних вимог, зокрема, умови спілкування засобами електронного або комунікативного зв'язку шляхом відео конференцій;

г) ОС не має права відмовити будь-якому заявнику, якщо продукція, що заявляється, входить до сфери акредитації ОС, окрім випадків, передбачених законодавством.

Висновки.

1) Визначення порядку, випадків та критеріїв проведення оцінки відповідності (сертифікації) продукції за обраною схемою, включаючи наглядання (технічний) нагляд, зокрема в умовах надзвичайної ситуації з урахуванням фактичних обставин є доцільним та об'єктивно необхідним засобом у вирішенні питань щодо відповідності заданим (зокрема нормативним) вимогам продукції, що вводиться в експлуатацію або обіг, надається на ринку України.

2) Здійснення процедури оцінки відповідності (сертифікації) та наглядання (технічного нагляду) виконується за встановленими ОС правилами з урахуванням особливостей та характеристик продукції, сталості стану виробництва, дотримання підприємством-заявником вимог та правил оцінки відповідності (сертифікації).

3) Встановлено деякі особливі умови щодо виконання оцінки відповідності (сертифікації) та наглядання (технічного нагляду) дистанційно та за скороченою процедурою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» (Документ 124-VIII), Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст. 96, Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19?find=1&text>
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019 Оцінка відповідності. Вимоги до органів з сертифікації продукції, процесів та послуг, Київ, 2020. 22 с.
3. ДСТУ 3413-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції, Київ, 2013. 28 с.
4. ДСТУ-Н ПМГ 40:2009 Система сертифікації на залізничному транспорті. Попрядок сертифікації залізничної продукції (ПМГ 40-2001, IDT), Київ, 2008. 40 с.
5. Закон України «Про акредитацію органів оцінки відповідності» (Документ 2407-III), Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 32, ст. 170, Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2407-14?find=1&text>
6. ДСТУ EN ISO/IEC 17067:2014 (EN ISO/IEC 17067:2013, IDT; ISO/IEC 17067:2013, IDT) Оцінювання відповідності. Основні положення сертифікації продукції та керівні вказівки щодо схем сертифікації продукції, Київ, 2014. 18 с.
7. Порядок проведення технічного нагляду за виробництвом оцінюваної (сертифікованої) продукції та атестованим виробництвом, Кременчук, ОС ПВ ДП «УкрНДІВ», 2019. 30 с.

M.O. Bahrov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60324, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-4290>

Zh.O. Semko

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60250, E-mail: shaganne@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0047-8509>

O.V. Kalahanova

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: +380 536(6) 60250, E-mail: kitanka3110@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2487-0329>

ASSESSMENT OF CONFORMITY OF PRODUCTS FOR ROLLING STOCK AND RAILWAY TRANSPORT INFRASTRUCTURE UNDER SPECIAL CONDITIONS

Recently, the procedure of assessing the conformity of products for rolling stock and railway infrastructure in special emergency conditions related to the imposition of martial law in Ukraine, as well as increasing the negative impact of the COVID 19 pandemic on the activities of certification bodies and certification companies.

Adverse existing conditions, the decline in the production output, require a more flexible approach to addressing issues of conformity assessment of products in compliance with regulatory requirements. The regulatory requirements should be interpreted as those that are objective and mandatory (except as required by law) for all participants in the conformity assessment process, including the certification process or supervision of the production of certified products.

It should also be kept in mind that the impact of special conditions of the emergency state should not give the impression of allowing the relaxation of regulatory requirements for products declared for certification. These regulatory requirements remain unchanged in terms of ensuring the characteristics and properties of the product that ensure its compliance and, consequently, its safety.

There is no doubt that in order to perform the task of the certification body, it is necessary to determine the approach or method, procedure, criteria, and other conditions for obtaining a reliable and objective result in assessing the products conformity. There is no doubt that in order to perform the task of the certification body it is necessary to determine the method or method, procedure, criteria and other conditions for obtaining a reliable and objective result in assessing the conformity of products. Not only a decision concerning the compliance or non-compliance of products with the requirements that cover it, but both the life and health of the certification body personnel depend on it. Therefore, it is very important when making a decision on certification or supervision to make the right choice of certification scheme, ways to communicate with

representatives of the applicant company, methods of transmitting and receiving documented information, conditions of confidentiality and impartiality.

The information provided in this article is intended to contribute to the understanding of the proposed approach in addressing conformity assessment issues.

Key words: *conformity assessment, certification, unfavorable actual conditions, state of emergency, regulatory requirements.*

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro tekhnichni rehlementy ta otsinku vidpovidnosti» (Dokument 124-VIII) [Law of Ukraine "On Technical Regulations and Conformity Assessment" (Document 124-VIII)]. (2015). *Vidomosti Verkhovnoi Rady – Bulletin of Verkhovna Rada*, 14, Art. 96. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19?find=1&text> [in Ukrainian]
2. Otsinka vidpovidnosti. Vymohy do orhaniv z sertyfikatsii produktii, protsesiv ta posluh [Conformity assessment. Requirements for bodies certifying products, processes and services]. (2020). *DSTU EN ISO/IEC 17065:2019*, Kyiv [in Ukrainian]
3. Systema sertyfikatsii UkrSEPRO. Poriadok provedennia sertyfikatsii produktii [Certification system for Ukrainian certification of products. Procedure for certification of products]. (2013). *DSTU 3413-96*. Kyiv [in Ukrainian]
4. Systema sertyfikatsii na zaliznychnomu transporti. Poriadok sertyfikatsii zaliznychnoi produktii [Certification system for railway transport. Procedure for certification of railway products] *DSTU-N PMH 40:2009 (PMH 40-2001, IDT)*. (2008). Kyiv [in Ukrainian]
5. Zakon Ukrainy «Pro akredytatsiiu orhaniv otsinky vidpovidnosti» (Dokument 2407-III) [Law of Ukraine "On Accreditation of Conformity Assessment Bodies"] (2001). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada*, 32, p. 170. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2407-14?find=1&text> [in Ukrainian]
6. Otsiniuvannia vidpovidnosti. Osnovni polozhennia sertyfikatsii produktii ta kerivni vkazivky shchodo skhem sertyfikatsii produktii [Conformity assessment. Basic provisions of product certification and guidelines for product certification schemes]. (2014). *DSTU EN ISO/IEC 17067:2014 (EN ISO/IEC 17067:2013, IDT; ISO/IEC 17067:2013, IDT)* [in Ukrainian]
7. Poriadok provedennia tekhnichnoho nahliadu za vyrobnytstvom otsiniuvanoi (sertyfikovanoi) produktii ta aiestovanyim vyrobnytstvom [Procedure for technical supervision over the production of evaluated (certified) products and certified production]. (2019). Kremenchuk: OS PV DP «UkrNDIV» [in Ukrainian]

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Редакція ДП «УкрНДІВ» на постійній основі здійснює прийом наукових та науково-технічних статей в збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад».

1. До друку у Збірнику приймаються лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Матеріали потрібно надавати в друкованому та в електронному виглядах у програмі Microsoft Word. Для перевірки правильності написання формул просимо надавати публікацію також в PDF форматі, тому що різні версії програмного забезпечення текстових редакторів можуть бути несумісні і змінювати зміст статті.

2. Стаття має відповідати тематичному спрямуванню журналу і бути завізована власноручно підписом автора. Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.

Разом з текстом статті і електронний варіант записаним текстом до редколегії Збірника подаються:

- рецензія на статтю;
- експертний висновок про можливість опублікування матеріалів;
- витяг з протоколу засідання кафедри чи лабораторії або наукового підрозділу, що рекомендує статтю до друку;

• довідка про авторів (порядковий номер (верхній індекс – арабська цифра та додатково зірочка для автора-кореспондента), місце роботи, повна поштова адреса (вулиця, корпус, будинок, назва населеного пункту, країна, індекс), номери телефонів, електронна пошта та ORCID. Кожна наступна адреса та дані для листування починаються з нового рядка. (TNR 9, начертання звичайне, інтервал перед блоком – 0 лт, після – 12 лт).

3. Матеріал треба викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, а також зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці вимірювання слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI чи в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно з вимогами чинних державних стандартів.

4. До рукопису додається анотація одним абзацем, обсягом від 250 до 300 слів, структурована (мета, методика, результати, наукова новизна, практична значимість) – з вирівнюванням по ширині.

Блок російською (для україномовної статті) або українською (для російськомовної) обсягом не менш як 1800 знаків – формат відповідає вимогам до оформлення статті: повний список (спів)авторів; відомості про (спів)авторів; назва статті; анотація; ключові слова і розташовується по ширині сторінки перед основним текстом.

Для авторів – не громадян України переклад назви статті, відомостей про автора, анотації та ключових слів на українську та російську мови не є обов'язковим.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5. Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Таблиці мають бути пронумеровані й мати заголовок. Відповідальність за наведені показники несе автор.

6. Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого одностороннього паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word for Windows, для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

7. Параметри сторінки Збірника встановлені такі:

- розмір сторінки – 210x297 (A4)
- орієнтація книжна
- поля верхні та бокові – 35 мм;
- поле нижнє – 45 мм;
- відступ від верхнього колонтитула – 12 мм;
- відступ від нижнього колонтитула – 20 мм.

Верхній і нижній колонтитули, а також номери сторінок не вводити.

Текст, формули, таблиці, рисунки, діаграми, схеми розміщуються на сторінці в одній колонці. Відступ першого рядка абзацу – 5 мм, інтервал між рядками – одинарний.

8. Матеріали набирають такими шрифтами:

- **УДК** – 11 пунктів, курсив, вирівнювання тексту по лівому краю;
- **автори** – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
- **НАЗВА СТАТТІ** – усі прописні літери, 12 пунктів, напівжирний вирівнювання тексту по центру;
- **анотація** – 11 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по ширині;
- **Ключові слова** (5–12 окремих слів та/або у складі декількох словосполучень) – з вирівнюванням по ширині
- **основний текст** – 11 пунктів, звичайний вирівнювання тексту по ширині;
- **слова Рисунок, Таблиця, Діаграма, Схема та їхні номери** – 11 пунктів, курсив;

Рис. 1. Зовнішній вигляд

Таблиця 1. – Окремі характеристики

- **назви рисунків, таблиць, діаграм, схем** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
- **© Дьоміна А. К., 2018** – 12 пунктів, напівжирний курсив вирівнювання тексту по лівому краю;
- **заголовки в підрозділі** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по лівому краю.
- **ЛІТЕРАТУРА** – 11 пунктів, напівжирний, вирівнювання тексту по центру;
- **Джерела в списку** – 9 пунктів звичайним шрифтом, вирівнювання тексту по ширині;

9. Усі рисунки, таблиці, діаграми повинні мати назви та номери (у випадку, коли в одному матеріалі міститься два і більше названих елементів):

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Якщо після тематичного заголовка підпису наводиться розшифрування, то між ними ставиться двокрапка і розміщену далі розшифровку набирають шрифтом 9 пт, наприклад:

Рис. 15. Дискове гальмо:
1 – гальмівний диск; 2 – кліщовий механізм

Також ілюстрації надаються у вигляді окремих файлів формату JPEG, TIFF (для растрових) або PSD (для растрових, виконаних у Photoshop), CDR (для векторних, виконаних в CorelDRAW).

Написи на ілюстрації можливі двох видів: 1) написи на самій ілюстрації проти відповідних деталей; 2) позначення цифрами або літерами з виносом тексту написів у відповідний текст або під рисунком підпис. У статтях, призначених для кваліфікованого читача, немає потреби зберігати написи на ілюстраціях, тобто другий варіант є прийнятнішим.

Написи набираються шрифтом Times New Roman, кегль 10 пт, накреслення світле, курсивне.

Фотографії повинні бути чіткими і контрастними. Якщо на фотографіях потрібно вказати номери (позиції), то це виконується у програмі Photoshop.

10. Назви та номери таблиць розміщується над таблицями, а рисунків, діаграм, схем – під ними. Відривати назви від зазначених елементів забороняється. Посилання в тексті на таблиці даються у скороченому вигляді: «табл. 1», – звичайним шрифтом.

У статті тільки в разі нагальної потреби і в обмеженій кількості допускаються таблиці, розгорнуті по вертикалі (альбомна орієнтація).

Таблиці набираються в Microsoft Word.

Однакові за характером таблиці повинні бути оформлені одноманітно по всьому виданню (шрифти, лінійки, заголовки і графі, розбивка між рядками і т.д.).

Таблиця має бути надрукована якомога ближче до першого посилання на неї в тексті.

Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1»

11. Формули

• При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил.

• Графічні файли з формулами, графіками, рисунками, схемами та фотографіями повинні бути розташовані в тексті в рамці MS Word. Номер формули проставляється справа в кінці рядка, в круглих дужках, не виходячи на поле. Формули розташовуються на сторінці по центру. Між ними та текстом витримується інтервал в один рядок.

• Вводяться вони в графічному редакторі «Equation Editor» для «Windows». Латинські літери та позначення величин (символи) набирають курсивом, українські та російські літери – тільки прямим шрифтом.

• Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів треба подавати безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони дані у формулі. Значення кожного символу і числового коефіцієнта треба подавати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають зі слова «де» без двокрапки.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

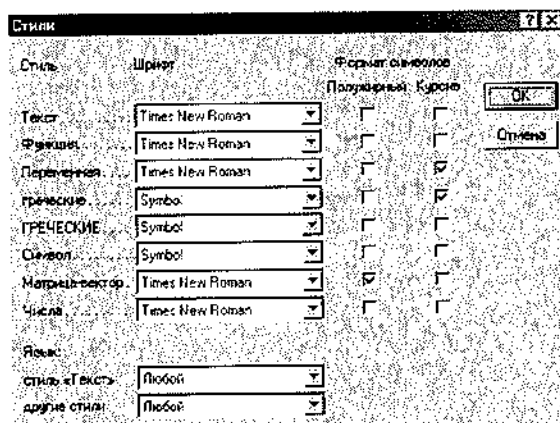
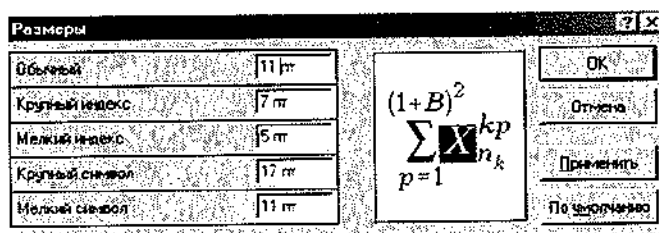
•Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишити не менше одного вільного рядка. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (·) і ділення (:).

•Загальне правило пунктуації в тексті з формулами таке: формула входить до речення як його рівноправний елемент. Тому в кінці формул і в тексті перед ними розділові знаки ставлять відповідно до правил пунктуації.

•Двокрапку перед формулою ставлять лише у випадках, передбачених правилами пунктуації: а) у тексті перед формулою є узагальнююче слово; б) цього вимагає побудова тексту, що передує формулі.

•Розділовими знаками між формулами, котрі йдуть одна за одною і не відокремлені текстом, можуть бути кома або крапка з комою безпосередньо за формулою до її номера.

•Параметри редактора формул:



•**Забороняється** розмішувати окремі об'єкти (ілюстрації, підписунокні підписи, формули) у середині таблиці!

12. ЛІТЕРАТУРА

•обсяг – 7-20 джерел (за виключенням оглядових статей);

•більша частина джерел повинна відображати сучасний стан наукових досліджень та бути не старша 10 років;

(бібліографічний опис джерел, використаних при підготовці статті, мовою оригіналу), оформлений згідно зі стандартом ДСТУ 8302:2015.

13. Всі бібліографічні описи джерел подаються мовою оригіналу. При посиланні на використану літературу потрібно зазначити назву використаного видання

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

та (у квадратних дужках звичайним шрифтом) його номер у списку, наприклад: «...і визначаються тарифною схемою Прейскуранта 0–01 [2]».

14. В переліку повинна вказуватись сучасна англомова література з ретроспективою не більше 5 років.

15. Інтервали між елементами матеріалу такі:

- УДК – автори – 2;
- автори – назва статті – 3;
- назва статті – анотація – 2;
- анотація – основний текст – 1;
- основний текст – назва таблиці (верхній край рисунка, схеми, діаграми) –

2;

• назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка, діаграми, схеми – їхні назви) – 1;

• нижній край таблиці (назва рисунка, діаграми, схеми) – основний текст –

2:

- основний текст – знак авторського права – 1;
- основний текст – ЛІТЕРАТУРА – 1;
- ЛІТЕРАТУРА – список літератури – 1.

Якщо видання не є повністю англомовним, кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків, включаючи ключові слова.

блок англійською мовою та латиницею – формат відповідає вимогам до оформлення статті: повний список (спів)авторів; відомості про (спів)авторів; назва статті; анотація; ключові слова. Розташовується по ширині сторінки після ЛІТЕРАТУРИ.

References – транслітерований список літератури (латинськими літерами), стандарт APA. Подається після англомовної анотації.

1. Транслітерований список літератури, відповідно до вимог наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, є повним аналогом списку літератури і виконується шляхом транслітерації мови оригіналу латиницею. При цьому порядок і кількість джерел у списку літератури мають залишатися незмінними. Посилання на англомовні джерела не транслітеруються.

2. Список літератури повинен бути оформлений згідно стандарту APA (American Psychological Association).

3. Постанова КМ України від 27 січня 2010 року № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» затверджує офіційну транслітерацію українського алфавіту латиницею. Встановлює діючі правила транслітерації прізвищ та імен громадян України латиницею в закордонних паспортах. Он-лайн транслітератор (<http://translit.kh.ua/?passport>)

4. На сайті http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html можна безкоштовно скористатись програмою транслітерації російського тексту в латиницю з точки зору Правил транслітерації Держдепартаменту США.

REQUIREMENTS FOR DRAWING-UP OF ARTICLES

The editorial office of the State Enterprise "UkrNDIV" on a permanent basis accepts scientific and scientific-technical articles for the collection of scientific works.

1. Only scientific articles are accepted for publication in the Collection, which have the following necessary elements: statement of the problem in general and its connection with important scientific or practical tasks; analysis of the latest research and publications, in which the solution of this problem has been initiated and on which the author relies, selection of previously unsolved parts of the general problem, to which the mentioned article is devoted; formulation of the purposes of the article (task statement); presentation of the main material of the study with a full justification of the obtained scientific results; conclusions drawn from this study and prospects for further exploration in this area. Papers must be submitted in printed and electronic form in Microsoft Word. To verify the spelling of the formulas, please provide the publication also in **PDF** format, because different versions of software for text editors may be incompatible and change the content of the article.

2. The article should correspond to the subject of the journal and be signed by the author's signature. The author is responsible for the materials presented in the article. Along with the text of the article and the electronic version of the recorded text to the editorial board of the Collection following items should be submitted:

- review of the article;
- expert opinion on the possibility of publishing materials;
- extract from the record of the department, laboratory or research unit meeting that recommends the article for publication;
- information about the authors (serial number (superscript - Arabic numeral and an additional asterisk for the corresponding author), place of work, full postal address (street, block, building, name of the settlement, country, index), telephone numbers, e-mail and ORCID. Each subsequent address and data for correspondence should begin with a new line. (TNR 9, normal type face, interval before the block is 0 pt, after is 12 pt).

3. The material should be presented concisely, consistently, stylistically competently. Terms and designations must comply with applicable standards. Repetitions, as well as unnecessary details when transferring previously published information are not allowed - references to literary sources should be provided instead. Units of measurement should be submitted only according to the international system of SI units or in units approved for use in Ukraine in accordance with the requirements of current state standards. 4. The paper should be accompanied by an annotation in one paragraph of 250 to 300 words, structured (purpose, methodology, results, scientific novelty, practical significance), with alignment in width. Block in Russian (for a Ukrainian-language article) or Ukrainian (for a Russian-language article) should consist of at least 1800 characters; the format should meet the requirements for the design of the article: full list of (co) authors; information about (co) authors; article title; annotation; keywords and should be located across the width of the page in front of the main text. For non-Ukrainian authors, translation of the title of the article, information about the author, annotations and keywords into Ukrainian and Russian is not required.

5. Quotations, tables, statistics, numerical indicators that increase the level of analytical materials should be submitted with reference to sources. Tables should be numbered and have a title. The author is responsible for these indicators.

6. Text materials are prepared and printed on sheets of white single-grade paper using computer text editors MS Word for Windows, to set formulas built-in editors of equations should be used, tabular materials can be prepared using spreadsheets (MS Excel). The Times New Roman font should be used.

7. The parameters of the Collection page are set as follows:

- page size – 210 x 297 (A4)
- book orientation
- top and side margins - 35 mm;
- lower field - 45 mm;
- deviation from the header - 12 mm;
- deviation from the footer - 20 mm.

Do not enter headers and footers, or page numbers.

Text, formulas, tables, figures, diagrams, flow charts should be placed on a page in one column. Indent of the first line of the paragraph should be 5 mm, the interval between lines should be single.

8. Materials should be typed in the following fonts:

- **UDC** - 11 points, italics, text alignment on the left edge;
- **authors** - 12 points, bold italics of text alignment on the left edge;
- **ARTICLE TITLE** - all capital letters, 12 points, bold text, center alignment;
- **annotation** - 11 points, bold italics, text width alignment;
- **Keywords** (5–12 individual words and / or several phrases), width alignment;
- **main text** - 11 points, the usual width alignment of the text;
- words *Figure, Table, Diagram, Diagram and their numbers* - 11 points, italics;

Fig. 1. External appearance

Table 1. - Some characteristics

- **names of figures, tables, diagrams, schemes** - 11 points, bold, text center alignment;
- **© Domina A.K., 2018** - 12 points, bold italics text alignment on the left edge;
- **headings in the section** - 11 points, bold, text alignment on the left edge.
- **REFERENCES** - 11 points, bold, centering of the text;
- **Sources in the list** - 9 items in regular font, width alignment of the text;

9. All figures, tables, diagrams must have names and numbers (if one the material contains two or more of these elements):

If after the thematic title of the signature there is a decryption, then between them a colon should be placed and the following transcript should be typed in 9 pt, for example:

Fig. 15. Disc brakes:

1 - brake disk; 2 – caliper

Illustrations should also be presented as separate JPEG, TIFF files (for raster) or PSD (for rasters made in Photoshop), CDR (for a vector, performed in Corel DRAW).

Inscriptions on the illustration can be of two types: 1) inscriptions on the illustration itself against the corresponding details; 2) designation by numbers or letters with removal of the text of inscriptions in the corresponding text or under the signature. There is no

need to save articles intended for the qualified reader inscriptions on the illustrations, i.e. the second option is more acceptable.

The inscriptions should be typed in Times New Roman font, 10 pt font size, light, italic typeface.

Photos should be clear and contrasting. If you need to indicate in the photos numbers (positions), it should be made in Photoshop.

10. Names and numbers of tables should be placed above the tables, and figures, diagrams, flow charts to be located under them. It is forbidden to separate names from the specified elements. References in the text on the table should be given in abbreviated form: "table. 1 ", - in the usual font.

In the article only in case of urgent need and in a limited number of tables are allowed, deployed vertically (landscape orientation).

Tables are typed in Microsoft Word.

Tables of the same nature should be designed uniformly throughout the publication (fonts, rulers, headings and columns, line breaks, etc.).

The table should be printed as close as possible to the first reference to it in the text.

If the table does not fit on one page, all its columns are numbered, and above the transferred one part of the table on the right is inscribed: "Continuation of the table. 1 "or" End of table.1 »

11. Formulae

•When using formulas it is necessary to adhere to certain technical-orthographic rules.

•Graphic files with formulas, graphs, figures, diagrams and photographs should be located in the text in the MS Word box. The formula number should be affixed to the right at the end line, in parentheses, without going to the field. The formulae should be located on the page by the center. An interval of one line should be maintained formulae and the text.

•The formulae should be entered in the graphical editor "Equation Editor" for "Windows". Latin letters and notation of values (symbols) in italics, Ukrainian and Russian letters are to be executed in direct font only.

•An explanation of the values of the symbols and numerical coefficients should be given directly under formula in the order in which they are given in the formula. The value of each character and the numerical coefficient should be entered from a new line. The first line of explanation begins from the word "where" without a colon.

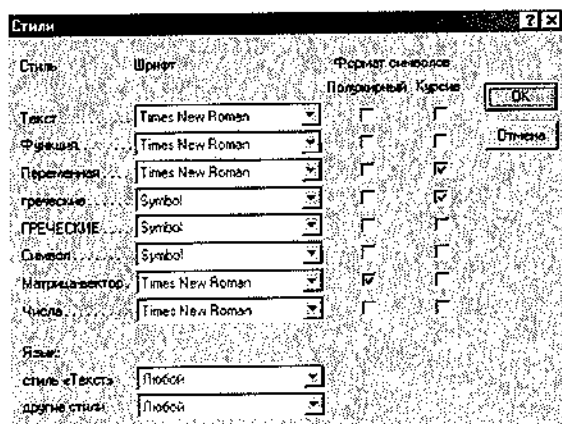
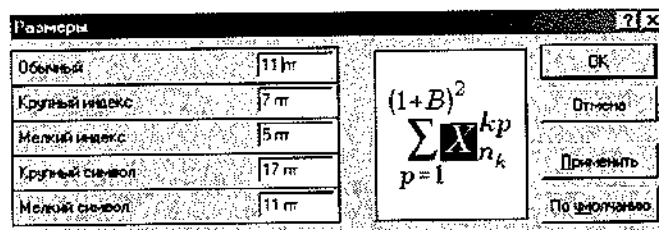
•Equations and formulae should be separated from the text by free lines. Above and below each formula at least one free line should be left. If the equation does not fit in one line, it should be moved after the equal sign (=) or after the signs plus (+), minus (-), multiplication (·) and division (:).

•The general rule of punctuation in the text with formulae is as follows: the formula is included in the sentence as its equal element. Therefore, at the end of the formulae and in the text before them punctuation marks should be put in accordance with the rules of punctuation.

• A colon is placed before the formula only in cases provided by the punctuation rules: a) if in the text before the formula there is a generalizing word; b) if it is required by the composition of the text preceding the formula.

• As separating characters between formulae that follow each other and are not separated by the text, a comma or semicolon immediately following the formula to its number can be used.

• Formula editor parameters:



• **It is forbidden** to place individual objects (illustrations, captions, formulas) in the middle of the **table!**

12. REFERENCES

- volume is 7-20 sources (excluding review articles);
- Most sources should reflect the current state of research and be not older than 10 years; (bibliographic description of the sources used in the preparation of the article should be presented in the original language) and executed in accordance with the standard DSTU 8302: 2015.

13. All bibliographic descriptions of sources should be given in the original language. When referring to documents cited the name of the publication used and (in square brackets in regular font) its number in the list should be indicated, for example: «... and are determined by the tariff scheme of the Price list 0–01 [2]».

14. The list should include modern English literature not older than 5 years.

15. The intervals between the elements of the material are as follows:

- UDC - authors - 2;
- authors - title of the article - 3;
- title of the article - annotation - 2;
- annotation - main text - 1;
- main text - the name of the table (upper edge of the figure, diagrams, charts) -2;
- name of the table - its upper edge (lower edge of the figure, charts, diagrams - their names) - 1;
- the lower edge of the table (name of the figure, diagram, charts) - the main text -2;
- main text - copyright mark - 1;
- main text - REFERENCES - 1;
- REFERENCES - list of references - 1.

If the publication is not entirely in English, each non-English publication should be accompanied by an annotation in English of at least 1800 characters, including keywords.

The format of the text block in English and Latin should meet the requirements for the drawing-up of the article: full list (co) authors; information about (co) authors; article title; annotation; keywords and should be located across the width of the page after the REFERENCES.

References is a transliterated bibliography (Latin letters), APA standard and presented after the English annotation.

1. Transliterated list of literature, in accordance with the requirements of scientometric databases SCOPUS and Web of Science, is a complete analogue of the bibliography and is performed by transliteration of the language of the original in Latin. The order and number of sources in the bibliography must remain unchanged. References to English-language sources are not transliterated.

2. The list of references should be executed in compliance with the ARA standard (American Psychological Association).

3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of January 27, 2010 № 55 "On streamlining transliteration of the Ukrainian alphabet in Latin" approves the official transliteration of Ukrainian Latin alphabet. Establishes the current rules for transliteration of surnames and names of citizens of Ukraine in Latin in foreign passports. Online transliterator (<http://translit.kh.ua/?passport>).

4. On the website http://shub123.ucoz.ru/Sistema_transliterazii.html you can use for free the program for transliteration of Russian text into Latin in terms of the Transliteration rules of the US State Department.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Наукове та науково-виробниче видання

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» «Railbound rolling stock»

ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНБУДУВАННЯ»

Випуск 24
(українською, англійською та російською мовами)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серії
КВ № 23892-13732Р від 19.04.2019 р., видане Державною реєстраційною службою
України

Статті друкуються мовою оригіналу.

Головний редактор: Сафронов О.М.
Відповідальний за випуск: Гладких І.В.
Комп'ютерна верстка: Лашко А.О.

Підписано до друку 30.06.2022 р.
Формат паперу 60x84 ¹/₈ Умовн. друк. арк. 10,7 Тираж 100 пр.

Видавництво ДП «УкрНДІВ»
Адреса редакції, видавця:
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621
www.ukrndiv.com.ua

Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад», 2022. Вип. 24