

ЗМІСТ РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

<i>Сулим А.О., Сафронов О.М., Стринжа А.М.</i> Обґрунтування необхідності державного протекціонізму галузі вантажного вагонобудування в Україні	7
<i>Твердомед В.М.</i> Стабільність ширини рейкової колії з різними конструкціями рейкового скріплення при швидкостях руху поїздів до 160 км/год.....	20
<i>Ловська А.О., Равлюк В.Г.</i> Дослідження ненормативного зносу гальмових колодок і його вплив на ефективність гальмування вантажних поїздів.....	30
<i>Калабухін Ю.Є., Мартинов І.Є., Труфанова А.В., Мартинов С.І.</i> Аналіз технічного стану внутрішнього обладнання пасажирських вагонів	51
<i>Орлов О.В., Сулим А.О.</i> Методи визначення втомної міцності довгобазних вагонів-платформ.....	66
<i>Семко Ж.О.</i> Аналіз методологій ціноутворення залізничної техніки на основі оцінки вартості життєвого циклу.....	80
<i>Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Єськов Д.І., Кукін С.В.</i> Алгоритм визначення параметра важільної передачі гальмової системи вантажних вагонів.....	98
<i>Чебуров С.А., Гаврилова Н.Г.</i> Порівняння характеристик рейок залізничних виготовлених за ГОСТ Р 51685-2013 та СТ РК 2432-2013. Перевірка їх відповідності ДСТУ 4344:2004.....	115
<i>Хозя П.О., Юшко О.О., Орлов О.В., Хвоєнко Є.О., Григорошенко М.В.</i> Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида моделі 33-7141	129
<i>Петренко В.О.</i> Аналіз відмов модернізованих рам вагонів для перевезення зерна моделі 19-752.....	144
<i>Водянніков Ю.Я., Хозя П.О., Речкалов В.С., Столетов С.О., Мурчков С.В.</i> Оцінка ресурсу вантажних вагонів при несистематичному навантаженні в експлуатації.....	153
<i>Семко Ж.О.</i> Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Технічне обслуговування та ремонт техніки. Атестація ремонтного виробництва.....	173
Вимоги до оформлення статей.....	185

CONTENTS
«RAILBOUND ROLLING STOCK»

<i>A.O. Sulym, O.M. Safronov, A.M. Strynzha</i> Justification of the need for state protectionism of the freight wagon building industry in Ukraine.....	7
<i>V.M. Tverdomed</i> Stability of railway width with different rail coupling designs at trail speeds up to 160 km/h.....	20
<i>A.O. Lovska, V.G. Ravlyuk</i> Research of abnormal wear of brake pads and its impact on the braking efficiency of freight trains.....	30
<i>Yu. Ye. Kalabukhin, I. E. Martynov, A. V. Trufanova, S. I. Martynov</i> Analysis of the technical condition of the interior equipment of passenger cars.....	51
<i>A.O. Sulym, O.V. Orlov</i> Methods of determining the fatigue strength of long-base flat wagons.....	66
<i>Zh.O. Semko</i> Analysis of railway equipment pricing methodology based on life cycle cost assessment	80
<i>O.M. Safronov, Yu.Ya. Vodiannikov, D.I. Yeskov, S. V. Kukin</i> Algorithm for selecting the brake gear parameters of freight cars brake system.....	98
<i>S.A. Cheburov, N.H. Havrylova</i> Comparison of characteristics of railway rails, manufactured according to HOST R 51685-2013 and ST RK 2432-2013. Verification of their compliance with DSTU 4344:2004.....	115
<i>P.O. Khozia, O.O. Yushko, O.V. Orlov, E.O. Hvoienko, M.V. Hryhoroshenko</i> Scientific-experimental studies of the technical characteristics of 33-7141 dump car manufactured by PJSC “KVBZ”	129
<i>V.O. Petrenko</i> Failure analysis of modernized frames of wagons for grain transportation model 19-752.....	144
<i>Yu.Ya. Vodiannikov, P.O. Khozia, V.S. Rechkalov, S.A. Stolietov, S.V. Murchkov</i> Estimation of freight cars service life under non-systemic loading in operation.....	153
<i>Zh.O. Semko</i> System of product development and launching into manufacture. Maintenance and repair of equipment. Repair production attestation.....	173
Requirements for drawing-up of articles.....	185

А.О. Сулим

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька, 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

О.М. Сафронов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

А.М. Стринжа

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0003-3743-7006>

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДЕРЖАВНОГО ПРОТЕКЦІОНІЗМУ ГАЛУЗІ ВАНТАЖНОГО ВАГОНОБУДУВАННЯ В УКРАЇНІ

В статті сформульовано проблемні питання розвитку галузі вітчизняного вантажного вагонобудування. Визначено необхідність реформування галузі вітчизняного вагонобудування та розроблення механізмів її підтримки. Проаналізовано сучасний стан вітчизняного парку вантажних вагонів в Україні, динаміку виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами. Визначено загальну кількість вантажних вагонів у парку України залежно від їх типу, а також частки власності АТ «Укрзалізниця» та приватних власників у цьому парку. Встановлено, що найбільшу частку від загальної чисельності вантажних вагонів у парку складають напіввагони та вагони-хопери для перевезення зерна. При цьому 57,8% від загального робочого парку складають вагони з вичерпаним строком служби. Наведено динаміку виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами протягом останніх десяти років. Визначено, що протягом останніх трьох років динаміка вагонобудування була нестабільна, що призвело до падіння обсягів виробництва за підсумками роботи у порівнянні з попередніми роками на 5,2%, 70,1%, 24,2 % відповідно.

© Сулим А.О., Сафронов О.М., Стринжа А.М., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Встановлено, що нарощення чисельності парку вантажних вагонів протягом останніх років відбулося насамперед за рахунок імпорту із-за кордону вживаних вагонів. Встановлено, що основними вітчизняними виробниками вантажних вагонів є ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», ПрАТ «Дніпровагон-маш», ДМЗ «Карпати». Визначено проблемні питання реалізації концепції оновлення парку вантажних вагонів. Обґрунтовано необхідність державного протекціонізму галузі вантажного вагонобудування в Україні шляхом прийняття відповідних законодавчих ініціатив та ефективних механізмів їх контролю.

Ключові слова: вантажний вагон, галузь вагонобудування, динаміка, парк, строк служби.

А.А. Сулим

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

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

А.М. Сафронов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

А.Н. Стринжа

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: (05366) 6-13-84, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com

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

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРОТЕКЦИОНИЗМА ОТРАСЛИ ГРУЗОВОГО ВАГОНОСТРОЕНИЯ В УКРАИНЕ

В статье сформулированы проблемные вопросы развития отрасли отечественного вагоностроения. Определена необходимость реформирования отрасли отечественного вагоностроения и разработки механизмов ее поддержки. Проанализировано современное состояние отечественного парка грузовых вагонов в Украине, динамику изготовления грузовых вагонов отечественными предприятиями. Определено общее количество грузовых вагонов в парке Украины зависимо от их типа, а также доли собственности АО «Укрзалізниця» и частных собственников в этом парке. Установлено, что наибольшую долю от общей численности грузовых вагонов в парке составляют полувагоны и вагоны-хопперы

для перевезення зерна. При цьому 57,8% від загального робочого парку складають вагони з истекшим строком служби. Приведена динаміка виготовлення грузових вагонів українськими підприємствами за останні десятиліття. Визначено, що за останні три роки динаміка вагоностроєння була нестабільною, що привело до падіння обсягів виробництва по результатам роботи по порівнянню з попередніми роками на 5,2%, 70,1%, 24,2% відповідно. Встановлено, що нарощування чисельності парку грузових вагонів в останні роки відбулося, перш за все, за рахунок імпорту з-за кордону вагонів колишнього використання. Встановлено, що основними українськими виробниками грузових вагонів є ПАО «Крюківський вагоностроительний завод», ЧАО «Дніпровагонмаш», ГМЗ «Карпати».

Визначено проблемні питання реалізації концепції оновлення парку грузових вагонів. Обґрунтовано необхідність державного протекціонізму галузі вагоностроєння в Україні шляхом прийняття відповідних законодавчих ініціатив та ефективних механізмів їх контролю.

Ключові слова: *грузовий вагон, галузь вагоностроєння, динаміка, парк, строк служби.*

Вступ та постановка проблеми. Вантажне вагонобудування в Україні – дуже перспективна галузь, оскільки залізничний транспорт є одним із вагомих чинників існування економіки країни. Залізничний транспорт забезпечує значну частину перевезень товарів [1–4]. Проте нині галузь вітчизняного вантажного вагонобудування переживає не найкращі часи та потребує державної підтримки [2, 3]. На цей час накопичився цілий комплекс проблем у галузі вантажного вагонобудування, що ставлять цю галузь перед реальною загрозою повного знищення, що є неприйнятним для всієї економіки і обороноздатності держави, оскільки від рівня розвитку цієї галузі залежить розвиток багатьох інших галузей промисловості. Особливо актуальною необхідність вирішення проблем та розвитку цієї галузі стало з початку збройної агресії російської федерації, коли перевезення водним і авіаційним транспортом фактично зупинилось.

Аналіз останніх досліджень. Проблемні питання розвитку галузі вітчизняного вантажного вагонобудування порушувало чимало науковців та дослідників. Серед основних з них слід виділити роботи Герасимчука В.Г., Липисієнка А.П. [5], Донченка А.В. [6, 7], Мурадяна Л.А., Мямліна С.В. [8], Приходька В.І. [9], Пшінька О.М., Бараша Ю.С. [10, 11], Макаренка М.В. [12] та інших. Кожен з цих авторів у своїх роботах заявляв про необхідність реформування галузі та механізмів її підтримки на державному рівні через створення відповідних комплексних національних програм.

В цій роботі більш детально пропонується зупинитись на питаннях аналізу сучасного стану парку вантажних вагонів в Україні, динаміки виробництва вантажних вагонів вітчизняних підприємств протягом останніх років, розвитку галузі вантажного вагонобудування через встановлення ефективних механізмів та заходів з боку держави.

Мета роботи – проаналізувати сучасний стан вітчизняного парку вантажних вагонів в Україні, динаміку виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами та запропонувати ефективні механізми розвитку галузі на державному рівні в умовах збройної агресії російської федерації.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Матеріал та результати досліджень. Станом на середину 2016 року загальний парк вантажних вагонів (далі – парк вагонів) України становив 169,1 тис. одиниць, із них парк вагонів АТ «Укрзалізниця» налічував 106,5 тис. одиниць (63 %), парк вагонів приватних компаній – 62,6 тис. одиниць (37 %) [2]. Середній знос парку вантажних вагонів в Україні на середину 2016 року становив 91,2 %. На початок 2022 року загальний парк вагонів України становив 200,9 тис. одиниць, із них парк вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» налічував 104,6 тис. одиниць (52,1 %), парк вантажних вагонів приватних компаній – 96,3 тис. одиниць (47,9 %). Середній знос парку вагонів в Україні на початок 2022 року становив 75,9 %. Отже, за результатами наведених даних видно, що за п'ять з половиною років загальний приріст парку вагонів склав 31,8 тис. одиниць або 18,8 %. Станом на початок 2022 року кількість вантажних вагонів у вітчизняному парку залежно від їх типу, а також частка вагонів з вичерпаним строком служби, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Кількість вагонів у вантажному парку України

Тип рухомого складу	Загальна кількість одиниць вагонів у парку, шт.	Кількість одиниць вагонів у парку з вичерпаним строком служби, шт.	Частка вагонів з вичерпаним строком служби від загальної кількості одиниць в парку, %
Загальний парк вагонів в Україні			
1	2	3	4
напіввагони	103536	48314	46,7
вагони-хопери для перевезення зерна	30969	19152	61,8
універсальні вагони-платформи	5327	2379	44,7
криті вагони	7075	5356	71,4
вагони-цистерни	14298	8789	61,5
Інші типи вантажних вагонів (вагони хопери для перевезення мінеральних добрив, цементу, гарячого агломерату, вагони-думпкари тощо)	39693	32099	80,9
Всього	200898	116089	57,8
Парк вагонів власності АТ "Укрзалізниця"			
напіввагони	49550	35316	71,2
вагони-хопери для перевезення зерна	11615	11612	99,9
універсальні вагони-платформи	4957	2180	44,0
криті вагони	5652	4753	84,1
вагони-цистерни	7064	4537	64,2
Інші типи вантажних вагонів (вагони хопери для перевезення мінеральних добрив, цементу, вагони-думпкари тощо)	25798	23642	91,6
Всього	104636	82040	78,4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 2

1	2	3	4
Парк приватної власності			
напіввагони	53986	12998	24,1
вагони-хопери для перевезення зерна	19354	7567	39,0
універсальні вагони-платформи	370	199	53,4
криті вагони	1423	603	42,4
вагони-цистерни	7234	4252	58,8
Інші типи вантажних вагонів (вагони хопери для перевезення мінеральних добрив, цементу, вагони-думпкари тощо)	13895	8430	60,7
Всього	96262	34049	35,4

Станом на початок 2022 року (табл. 1) найбільшу частку від загальної чисельності парку вагонів України складають напіввагони – 103,5 тис. одиниць (51,5 %), на другому місці вагони-хопери для перевезення зерна – 31,0 тис. одиниць (15,4 %), на третьому вагони-цистерни – 14,3 тис. одиниць (7,1 %), інші типи вагонів – 25,8 тис. одиниць (12,8 %). Кількість одиниць вагонів у загальному парку з вичерпаним строком служби становить 116089 (57,8 %), з них у власності АТ «Укрзалізниця» – 82040 (78,4 %), у приватній власності – 34049 (35,4 %).

За результатами аналізу наведених статистичних даних видно, що загальний парк вагонів на початок 2022 року по відношенню до середини 2016 року збільшився на 18,8 %, парк вагонів АТ «Укрзалізниця» зменшився на 1,8 %, парк вагонів приватних компаній збільшився на 53,8 %. Відбулося зменшення середнього зносу вагонів на 15,3 % в основному за рахунок оновлення парку приватними власниками. При цьому 57,8 % від загального робочого парку складають вагони з вичерпаним терміном служби. Отже, збільшення загального парку вагонів відбулося головним чином за рахунок нарощення парку приватними компаніями. Детальний аналіз даних щодо джерел поповнення загального парку вантажних вагонів дозволив встановити, що його зростання насамперед відбулося за рахунок імпорту із-за кордону вживаних вагонів, з подальшим продовженням призначеного строку їх служби [2].

Динаміку виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами за 2011-2021 рр., зображено на рис. 1.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

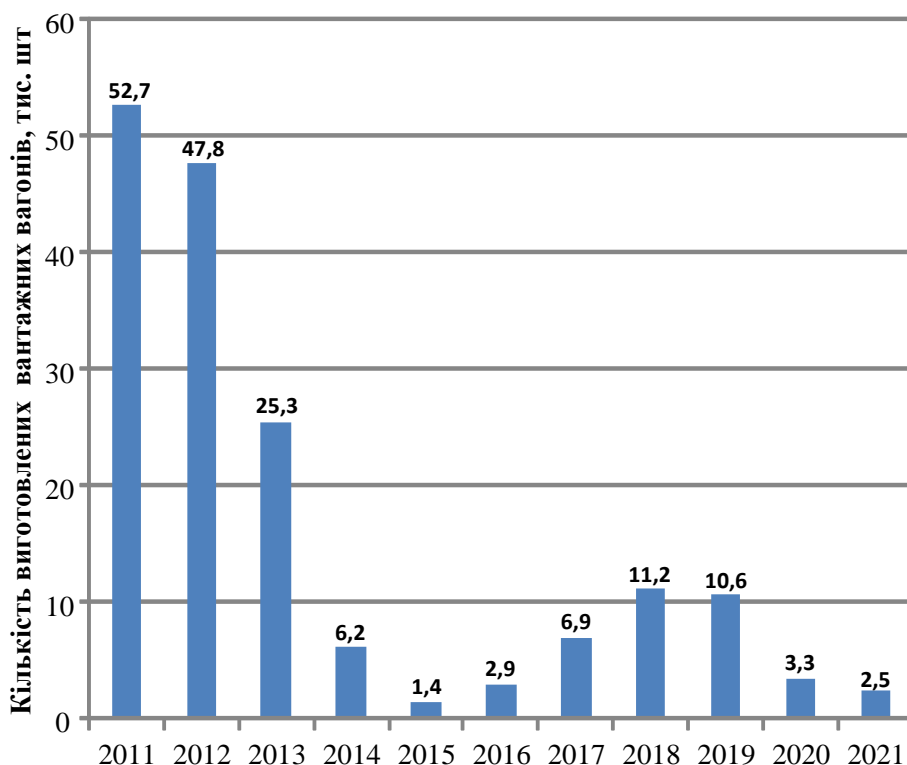


Рис. 1. Динаміка виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами у 2011-2021 роках [1, 2, 4]

За результатами аналізу діаграм (рис. 1) динаміки виготовлення вантажних вагонів протягом останніх декількох років встановлено наступне:

– за підсумками роботи вагонобудівних та вагоноремонтних підприємств у 2021 році виробництво вантажних вагонів практично зупинено та стрімко наближається до рівня кризисного 2015 року;

– починаючи з 2011 року і до 2015 року відбувся спад виробництва вантажних вагонів з 52700 до 1400 одиниць на рік, з 2015 року по 2018 рік відбулося нарощення виготовлення вантажних вагонів у 8 разів з 1400 до 11200 одиниць на рік, з 2018 по 2021 рік відбувся спад виробництва вантажних вагонів у 4,5 рази з 11200 до 2500 одиниць вагонів на рік;

– протягом 2016-2018 років відбувалось стабільне щорічне збільшення об'ємів виробництва вантажних вагонів в Україні у 1,6-2,7 рази. Динаміка вагонобудування протягом 2019-2021 років була дуже нестабільною, що призвело до падіння обсягів виробництва за підсумками цих років у порівнянні з попередніми на 5,2 %, 70,1 %, 24,2 % відповідно.

Динаміку виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами за 2020-2021 рр. представлено на рис. 2-4.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

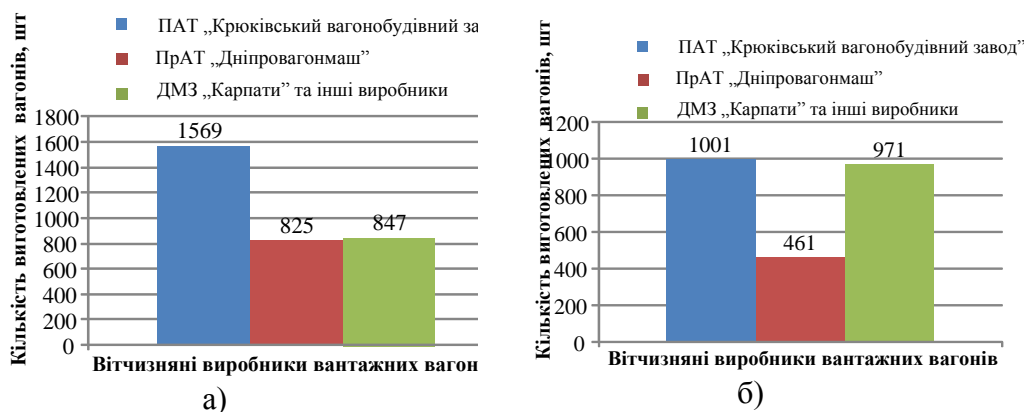


Рис. 2 Кількість виготовлених вантажних вагонів вітчизняними підприємствами у 2020 році (а) та у 2021 році (б)

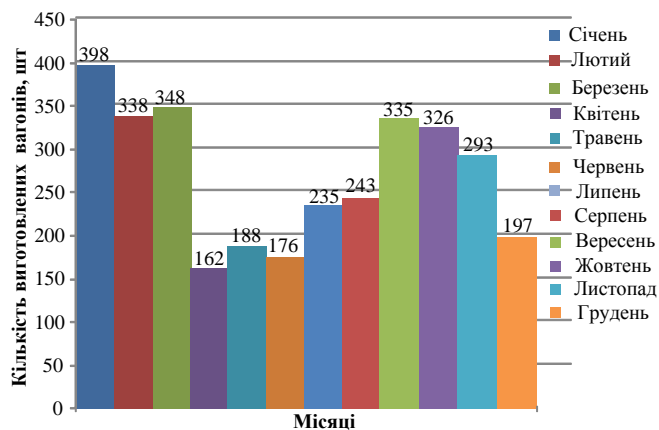


Рис. 3 Розподіл кількості виготовлених вантажних вагонів за місяцями у 2020 році

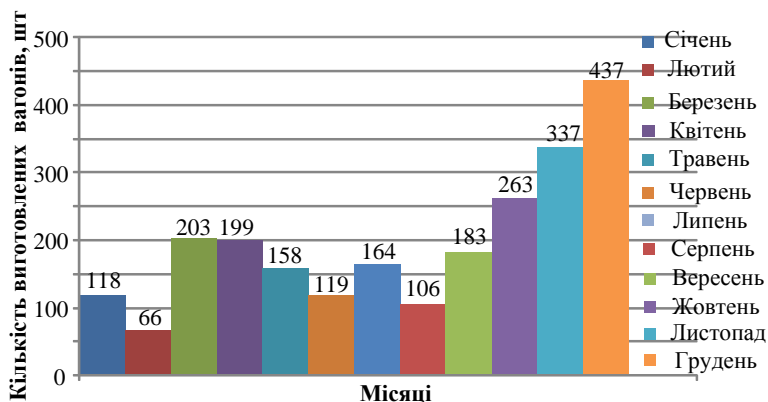


Рис. 4 Розподіл кількості виготовлених вантажних вагонів за місяцями у 2021 році

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У 2021 році виробництво вантажних вагонів в Україні знизилось на 24,2 % до відповідного періоду минулого року (2433 одиниці). На ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» падіння виробництва вантажних вагонів у 2021 році склало 36,2 % (1001 одиниця проти 1569 одиниці за аналогічний період минулого року).

У 2020 році основними виробниками вантажних вагонів стали: ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» – 1569 одиниць; ПрАТ «Дніпровагонмаш» – 825 одиниць; ДМЗ «Карпати» – орієнтовно близько 800 одиниць (рис. 2, а). У 2022 році основні виробники вантажних вагонів не змінились: ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» – 1001 одиниця; ПрАТ «Дніпровагонмаш» – 461 одиниць; ДМЗ «Карпати» – орієнтовно 400 одиниць (рис. 2, б) [2, 13].

У 2020 році найбільшу кількість вантажних вагонів було виготовлено у січні, менше всього – у квітні; у 2021 році найбільше – у грудні, найменше – у лютому (рис. 3, 4) [4].

За результатами аналізу даних з відкритих джерел відомо, що найбільш затребуваними типами вантажних вагонів на даний час є напіввагони та вагони-хопери для перевезення зерна. У 2020-2021 році основним ринком збуту вантажних вагонів були приватні українські власники, за цей же період на власних потужностях АТ «Укрзалізниця» виготовлено лише 9 вагонів [13].

Отже, за результатами аналізу статистичних даних щодо сучасного стану вітчизняного парку вантажних вагонів в Україні та динаміки виготовлення вантажних вагонів вітчизняними підприємствами, на цей час нагальним та актуальним постає питання підтримки галузі вітчизняного вантажного вагонобудування. Нагальність та актуальність вирішення цього питання особливо гостро постало за умов збройної агресії російської федерації на території України, наслідком якої стало призупинення функціонування водного та авіаційного транспорту. Тому, в умовах значного зносу парку вантажних вагонів в Україні та катастрофічного падіння виробництва вантажних вагонів на вітчизняних підприємствах, першочерговим є підтримка галузі з боку держави на законодавчому рівні. Одним з таких ефективних заходів та механізмів підтримки від центрального органу виконавчої влади, що забезпечує та реалізує державну політику у сфері транспорту може бути фінансування і стимулювання закупівлі сучасних інноваційних вантажних вагонів з покращеними техніко-економічними характеристиками.

Одним з першочергових кроків в цьому напрямку було схвалення концепції оновлення парку вантажних вагонів шляхом реєстрації відповідного наказу Міністерством юстиції України [14]. Однак запропонована концепція від Мінінфраструктури має ряд проблемних питань під час реалізації, серед яких:

- на даний час не визначені джерела фінансування цієї концепції оновлення;
- відсутнє стимулювання у закупівлі нових вантажних вагонів з боку держави;
- відсутні державні цільові програми виділення коштів (кредитування) закупівлі нових вантажних вагонів для АТ «Укрзалізниця» та приватних власників у вітчизняних виробників;
- відсутні цільові лізингові програми закупівлі нових вантажних вагонів у вітчизняних виробників;
- відсутні механізми стимулювання закупівлі нових сучасних інноваційних вантажних вагонів з покращеними техніко-економічними характеристиками;
- висока імовірність підвищення вартості нових вантажних вагонів;
- значні ризики дефіциту вантажних вагонів, підвищення орендних ставок, падіння обсягів перевезень, переорієнтації вітчизняних виробників на інші види тран-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

спорту, зривів відвантаження сировини та готової продукції на експорт, виконання програми «Велике будівництво» внаслідок невідповідності кількості списаних та закуплених вантажних вагонів;

– відсутній захист національних виробників вантажних вагонів на законодавчому рівні з боку держави, внаслідок чого існує значний ризик закупівлі вагонів у сусідніх держав, а тому велика ймовірність відтоку капіталу вітчизняних приватних власників за кордон;

– низька платоспроможність замовників внутрішнього ринку.

Водночас в умовах збройної агресії на території України виникли додаткові проблемні питання в галузі вантажного вагонобудування. Серед основних з них слід виділити такі: знищення підприємств, недостатнє забезпечення металом та литвом, необхідність імпортозаміщення окремих комплектуючих вантажних вагонів, пошук альтернативних варіантів виготовлення та доставки комплектуючих запчастин до вагонобудівних підприємств замість напрацьованих роками логістичних маршрутів.

Тому, в умовах воєнного стану з метою підвищення обороноздатності держави потрібно прийняти ряд законодавчих ініціатив, які будуть направлені на стимулювання закупівлі сучасних інноваційних вантажних вагонів вітчизняного виробництва з покращеними техніко-економічними характеристиками. Такими ініціативами мають бути наступні:

– розроблення комплексної програми оновлення з визначенням чітких джерел фінансування та гарантованого відсотку компенсації від держави за закупівлю сучасного інноваційного вантажного вагона від вітчизняного виробника;

– розроблення та запровадження ефективних державних цільових програм інвестування, кредитування та лізингу з встановленням помірних відсотків сплати;

– підписання відповідного меморандуму або договору між державою та вітчизняними виробниками з метою запобігання завищенню вартості вантажного вагона в подальшому та контролю дотримання його виконання;

– створення цільових фондів оновлення парку та ефективних механізмів їх наповнення шляхом встановлення відповідного відсотку відрахування, зокрема створення цільових фондів АТ «Укрзалізниця» за рахунок встановлення диференційованих тарифів за користування інфраструктурою залежно від року побудови вагона і його технічних характеристик та направлення цих коштів на оновлення парку рухомого складу та інфраструктури;

– переглянути ставки ввізних мит на вантажні вагони та їх комплектуючі, що виробляються в країні, з метою недопущення закупівлі зазначеної продукції іноземного виробництва в рамках чинного законодавства та діючих міжнародних договорів тощо.

Отже, тільки створення відповідних умов підтримки держави у вигляді прийняття та належного виконання дієвих нормативних документів і нових інвестиційних програм, а також створення ефективних механізмів їх контролю, дозволить реалізувати запропоновану концепцію оновлення вантажних вагонів в повному обсязі, створити необхідні умови для розвитку галузі вантажного вагонобудування в країні та підвищити обороноздатність держави.

Висновки.

1. Загальний парк вагонів на початок 2022 року по відношенню до середини 2016 року збільшився на 18,8 % та складає 200898 одиниць, парк вагонів АТ «Укр-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

залізниця» зменшився на 1,8 % та складає 104636 одиниць, парк вагонів приватних компаній збільшився на 53,8 % та складає 96262 одиниць. Відбулося зменшення середнього зносу вагонів на 15,3 % в основному за рахунок оновлення парку приватними власниками. При цьому 57,8 % від загального робочого парку складають вагони з вичерпаним терміном служби.

2. Динаміка вагонобудування протягом 2019-2021 років була дуже нестабільною, що призвело до падіння обсягів виробництва вантажних вагонів за підсумками цих років у порівнянні з попередніми на 5,2 %, 70,1 %, 24,2 % відповідно.

3. Аналіз даних щодо джерел поповнення загального парку вантажних вагонів дозволив встановити, що його зростання насамперед відбулося за рахунок імпорту із-за кордону вживаних вагонів, з подальшим продовженням призначеного строку їх служби.

4. Протягом останніх двох років основними вітчизняними виробниками вантажних вагонів є ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», ПрАТ «Дніпровагонмаш», ДМЗ «Карпати». Встановлено, що основними замовниками вантажних вагонів у вітчизняних вагонобудівних підприємств є приватні українські власники.

5. Визначено проблемні питання реалізації концепції оновлення парку вантажних вагонів, одними із ключових яких є невизначеність джерел фінансування оновлення парку та відсутність державних програм стимулювання закупівлі сучасних інноваційних вантажних вагонів з покращеними характеристиками вітчизняного виробництва.

6. Необхідно розробити ефективні заходи та механізми реалізації запропонованої Мінінфраструктури концепції оновлення парку вантажних вагонів шляхом прийняття відповідних законодавчих і розпорядчих документів з боку державного регулятора у сфері транспорту, що дозволить стимулювати закупівлю сучасних інноваційних вантажних вагонів.

7. У даний час подолання кризи у галузі вантажного вагонобудування, нарощення виробництва вантажних вагонів вітчизняними підприємствами та підвищення конкурентоспроможності залізничних перевезень неможливо здійснити без підтримки держави за допомогою реалізації відповідних інвестиційних, кредитних, лізингових програм та ефективного контролю їх виконання.

Рекомендації.

У стислі терміни необхідно розробити і схвалити законодавчі ініціативи, направлені на реалізацію концепції оновлення парку вантажних вагонів, які б дозволили урахувати інтереси всіх учасників ринку залізничних вантажних перевезень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гахович Н.Г. Розвиток вітчизняного вагонобудування та його перспективи. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf>.
2. Сулим А.О., Сафронов О.М., Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М. Сучасний стан та перспективи розвитку парку вантажних вагонів в Україні: оновлення або продовження призначеного строку служби? Залізничний транспорт України. 2021. № 4, С. 4–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20>
3. Єрмоленко О.А. Державна підтримка виробничого потенціалу транспортного машинобудування. Моделювання регіональної економіки. 2018. № 2 (26), С. 202–213.
4. Виробництво промислової продукції [Електрон. ресурс] // Держстат України. Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua>.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5. Герасимчук В.Г., Липисієнко А.П. Тенденції розвитку машинобудівного комплексу України. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство». Ужгород, 2018. Вип. 19, частина 1. С. 75–79.

6. Донченко А.В., Гладких І.В. Сучасна ситуація у залізничній галузі України та залізнична промисловість світу. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». Кременчук: Вид-во ДП «УкрН-ДІВ», 2012. Вип. 6. С. 8–10.

7. Донченко А.В. Стратегія розвитку транспортного машинобудування для залізниць України. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 139. С. 16–24.

8. Мурадян Л.А., Мямлін С.В., Шапошник В.Ю. Определение стратегии технического обслуживания и ремонта вагонной техники. Транспортная инфраструктура Сибирского района. Материалы седьмой Всероссийской научно-технической конференции. Иркутск, 2016. С. 369–373.

9. Кудиярова А.И. Пусть летят поезда: Крюковский вагоностроительный завод на новом этапе 150-летней истории. Сумы, Университетская книга, 2019. 463 с.

10. Гайдук Н.О., Пшінько О.М. Оновлення рухомого складу як пріоритетний напрямок інвестиційної діяльності «Укрзалізниця». Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ. 2010. Вип. 35. С. 219–222.

11. Управління вантажними вагонами компаній-операторів в умовах реформування залізничного транспорту України (2015): монографія / О.М. Пшінько, Ю.С. Бараш, Л.В. Марценюк: Дніпропетр. Нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Д., 2015. 147 С.

12. Макаренко М.В., Цветов Ю.М. Системний підхід до реформування залізничного транспорту України. Проблеми економіки и управления на железнодорожном транспорте: материалы Второй Междунар. Научн.-практ. Конф. К.: КУЭТТ, 2007. С. 5–18.

13. У 2021 році українські підприємства скоротили виробництво вагонів на понад 30 % [Електрон. ресурс]. Режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/show/u-2021-roci-ukrainski-pidpriemstva-skorotili-virobnictvo-vagoniv-na-ponad-30>

14. Програма оновлення парку вантажних вагонів стартує вже з 2022 року. Наказ Мінінфраструктури № 647 від 30.12.2021 р, зареєстр. Міністерством юстиції України 28.12.2021 р. [Електрон. ресурс] // Міністерство інфраструктури України. 29 грудня 2021 р. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/33350.html>

A.O. Sulym

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

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

Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

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

O.M. Safronov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

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

Tel.: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

A.M. Strynzha

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

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

Tel.: (05366) 6-13-84, E-mail: lab4.3ukrniiv@gmail.com

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

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR STATE PROTECTIONISM OF THE FREIGHT WAGON BUILDING INDUSTRY IN UKRAINE

The article deals with the problematic issues concerning the development of the domestic freight wagon building industry. The need to reform the industry of domestic railcar construction and develop mechanisms for its support was determined. The current state of the domestic fleet of freight cars in Ukraine, the dynamics of the production of freight cars by domestic enterprises are analyzed. The total number of freight cars in the fleet of Ukraine was determined depending on their type, as well as the share of ownership of JSC "Ukrzaliznytsia" and private owners of this wagon fleet. It has been established that the largest share of the total number of freight wagons in the fleet consists of open-top wagons and hopper wagons for the transportation of grain. At the same time, 57.8% of the total working fleet consists of wagons with an expired service lifetime. The dynamics of the production of freight cars by domestic enterprises during the last ten years is presented. It was determined that during the last three years, the dynamics of railcar construction was unstable, which led to a drop in production volumes by 5.2%, 70.1%, and 24.2%, respectively, compared to previous years. It was established that the increase in the number of freight wagons in recent years was primarily due to the import of used wagons from abroad. It has been established that the main domestic manufacturers of freight cars are PJSC "Kryukovsky Railway Car Building Works", PJSC "Dniprovagonmash", DMZ "Karpaty".

Problematic issues of implementation of the concept of renewal of the fleet of freight cars have been identified. The need for state protectionism in the freight car industry in Ukraine is validated through the adoption of relevant legislative initiatives and effective mechanisms for their control.

Key words: freight wagon, wagon building industry, dynamics, fleet, service lifetime.

REFERENCES

1. Hakhovych, N.H. Rozvytok vitchyznianoho vahonobuduvannia ta yoho perspektyvy [Development of domestic railcar construction and its prospects]. Retrieved from: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf>. [in Ukrainian]
2. Sulym, A.O., Safronov, O.M., Fedosov-Nikonov, D.V., & Strynzha A.M. (2021). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku parku vantazhnykh vahoniv v Ukraini: onovlennia abo prodovzhennia pryznachenoho stroku sluzhby? [The current state and prospects for the development of the fleet of freight cars in Ukraine: renewal or extension of the appointed term of service?]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 4, 4–20. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2021-141-4-04-20> [in Ukrainian]
3. Yermolenko, O.A. (2018). Derzhavna pidtrymka vyrobnychoho potentsialu transportnoho mashynobuduvannia. Modeliuvannia rehionalnoi ekonomiky [State support for the production potential of transport engineering. Modeling of the regional economy], 2 (26), 202–213 [in Ukrainian]
4. Vyrobnystvo promyslovoi produktsii [Production of industrial products] *Derzhstat Ukrainy – State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved from: <https://ukrstat.gov.ua>.
5. Herasymchuk, V.H., & Lypysienko, A.P. (2018). Tendentsii rozvytku mashynobudivnoho kompleksu Ukrainy [Trends in the development of the machine-building complex of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriiia «Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove gospodarstvo» - Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series "International Economic Relations and World Economy"*, 19, (Part 1), (pp. 75–79).Uzhhorod [in Ukrainian]
6. Donchenko, A.V., & Hladkykh, I.V. (2012). Suchasna sytuatsiia u zaliznychnii haluzi Ukrainy ta zaliznychna promyslovisyt svitu [The current situation in the railway industry of Ukraine and the railway

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

industry of the world]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock"*. Kremenchuk: SE «UkrNDIV», 6, 8–10 [in Ukrainian]

7. Donchenko, A.V. (2013). *Stratehiia rozvytku transportnoho mashynobuduvannia dlia zaliznyts Ukrainy* [Strategy for the development of transport engineering for railways of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu - Collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport*. Kharkiv: UkrDAZT, 139, 16–24 [in Ukrainian]

8. Muradyan, L.A., Myamlin, S.V., & Shaposhnik V.Yu. (2016). *Opreделение strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta vagonnoj tekhniki. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo rajona* [Determination of the strategy for maintenance and repair of wagon equipment. Transport infrastructure of the Siberian region]. *Proceedings from the seventh All-Russian scientific and technical conference* (pp. 369–373). Irkutsk [in Russian]

9. Kudiyarova, A.I. (2019). *Pust' letyat poezda: Kryukovskij vagonostroitel'nyj zavod na novom etape 150-letnej istorii* [Let the trains fly: Kryukov Carriage Works at a new stage in its 150-year history]. Sumy: Universitetskaya kniga [in Russian]

10. Haiduk, N.O., & Pshinko, O.M. (2010). *Onovlennia rukhomoho skladu yak priorityetnyi napriamok investytsiinoi diialnosti «Ukrzaliznytsi»* [Renewal of rolling stock as a priority area of investment activity of Ukrzaliznytsia]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk DNUZT – Science and progress of transport. Bulletin of DNUZT*, 35, 219–222 [in Ukrainian]

11. Pshinko, O.M., Barash, Yu.S., & Martseniuk, L.V. (2015). *Upravlinnia vantazhnymy vahonamy kompanii-operatoriv v umovakh reformuvannia zaliznychnoho transportu Ukrainy* [Management of freight wagons of operator companies in the conditions of reforming the railway transport of Ukraine]. Monograph. Dnipro: DNUZHT im. akad. V. Lazariana [in Ukrainian]

12. Makarenko, M.V., & Tsvietov, Yu.M. (2007). *Systemnyi pidkhid do reformuvannia zaliznychnoho transportu Ukrainy*. [Problemy ekonomiki i upravleniya na zheleznodorozhnom transporte A systematic approach to reforming railway transport of Ukraine. Problems of economics and management in railway transport] *Proceedings from the Second Intern. Scientific-practical. Conf.* (pp. 5–18). Kyiv: KUETT [in Ukrainian]

13. *U 2021 rotsi ukrainski pidpriemstva skorotyly vyrobnytstvo vahoniv na ponad 30 %* [In 2021 Ukrainian enterprises reduced the production of wagons by more than 30%]. Retrieved from: <https://agravery.com/uk/posts/show/u-2021-roci-ukrainski-pidpriemstva-skorotili-virobnictvo-vagoniv-na-ponad-30> [in Ukrainian]

14. *Prohrama onovlennia parku vantazhnykh vahoniv startuie vzhe z 2022 roku*. *Nakaz Mininfrastruktury № 647 vid 30.12.2021 r, zareiestr. Ministerstvom yustytzii Ukrainy 28.12.2021 r.* [The program to update the fleet of freight cars will start as early as 2022. Order of the Ministry of Infrastructure No. 647 dated December 12, 2021, registered. by the Ministry of Justice of Ukraine on December 28, 2021]. Ministerstvo infrastruktury Ukrainy. Retrieved from: <https://mtu.gov.ua/news/33350.html> [in Ukrainian].

В.М. Твердомед

Київський інститут залізничного транспорту
Державного університету інфраструктури та технологій,
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна.
Телефон: +380673187916, E-mail: tverdomed@gsuite.duit.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0695-1304>

СТАБІЛЬНІСТЬ ШИРИНИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ З РІЗНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ РЕЙКОВОГО СКРІПЛЕННЯ ПРИ ШВИДКОСТЯХ РУХУ ПОЇЗДІВ ДО 160 КМ/ГОД

Рейкова колія являє собою багатоеlementну конструкцію, до якої висуваються вимоги щодо забезпечення сталості багатьох геометричних параметрів. Із зростанням швидкостей руху поїздів, відповідно, висуваються більш жорсткі вимоги до цих параметрів. Одним із таких параметрів є ширина рейкової колії. Сталість цього параметру залежить від багатьох конструктивних вузлів верхньої будови колії та рухомого складу. Враховуючи те, що Українська залізниця тільки планує переходити на швидкості, що перевищують 160 км/год, з'являється необхідність в аналізі здатності конструктивних елементів верхньої будови колії, що вже використовуються на залізниці, забезпечити безпеку руху поїздів.

У роботі розглянуто вплив конструкції проміжного рейкового скріплення на його здатність забезпечувати стабільну ширину рейкової колії. Для порівняння приймалися найбільш поширені на Українських залізницях проміжні рейкові скріплення, зокрема, скріплення типу КБ-65, скріплення типу КПП-1 та скріплення типу КПП-5. Для того, щоб визначити саме вплив одного конструктивного вузла, інші параметри колії для всіх трьох типів скріплень були еквівалентними. Геометричні розміри ширини рейкової колії були отримані з результатів планових вимірювань геометричних розмірів залізничної рейкової колії колієвимірвальним вагоном.

З отриманими даними було проведено статистичний аналіз, який дозволив зробити висновки щодо здатності проміжних рейкових скріплень забезпечувати сталість ширини рейкової колії.

Ключові слова: рейкове скріплення, залізнична колія, ширина рейкової колії, рухомий склад, статистичний аналіз, відхилення.

©Твердомед В.М., 2022

В. Н. Твердомед

Киевский институт железнодорожного транспорта
Государственного университета инфраструктуры и технологий,
ул. Кирилловская, 9, г. Киев, 04071, Украина.
Телефон: +380673187916, E-mail: tverdomed@gsuite.duit.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0695-1304>

СТАБИЛЬНОСТЬ ШИРИНЫ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ С РАЗНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ РЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ НА СКОРОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ДО 160 КМ/ГОД

Рельсовый путь представляет собой многоэлементную конструкцию, к которой выдвигаются требования по обеспечению постоянства многих геометрических параметров. С увеличением скоростей движения поездов соответственно предъявляются более жесткие требования к этим параметрам. Одним из таких параметров является ширина рельсового пути. Постоянство этого параметра зависит от множества конструктивных узлов верхнего строения пути и подвижного состава. Учитывая то, что Украинская железная дорога только планирует переходить на скорости более 160 км/ч, возникает необходимость в проведении анализа способности конструктивных элементов верхнего строения пути, которые уже используются на железной дороге, обеспечить безопасность движения поездов.

В работе рассмотрено влияние конструкции промежуточного рельсового скрепления на его способность обеспечивать стабильную ширину рельсового пути. Для сравнения принимались наиболее распространенные на железных дорогах промежуточные рельсовые скрепления, в частности, скрепление типа КБ-65, скрепление типа КПП-1 и скрепление типа КПП-5. Для того чтобы определить именно влияние одного конструктивного узла, другие параметры пути для всех трех типов скреплений были эквивалентны. Геометрические размеры ширины рельсового пути были получены на основании результатов плановых измерений геометрических размеров железнодорожного рельсового пути путеизмерительным вагоном.

На основании полученных данных был проведен статистический анализ, позволивший сделать выводы о способности промежуточных рельсовых скреплений обеспечивать постоянство ширины рельсового пути.

Ключевые слова: рельсовое скрепление, железнодорожный путь, ширина рельсового пути, подвижной состав, статистический анализ, отклонение.

Вступ. Зростання швидкостей руху поїздів, збільшення рівня силової взаємодії в системі колесо-рейка, з одного боку, призводить до зростання геометричних відхилень під час експлуатації колійної інфраструктури, а з іншого боку, стають більш жорсткими вимоги щодо граничних рівнів відхилень верхньої будови колії.

Названі фактори ускладнюють поточне утримання колії та призводять до збільшення об'єму робіт забезпечення її роботоздатності.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

У такому випадку велике значення починає відігравати правильний підбір конструкції верхньої будови колії, яка б могла забезпечити максимальний період її роботи при мінімальному зовнішньому втручанні.

Одним із основних параметрів, що постійно контролюється, є ширина рейкової колії. Це пов'язано із тим, що перевищення допустимої ширини колії може призвести до провалювання екіпажу, а зменшення ширини нижче допустимого значення призводить до заклинювання колісної пари та всповзання гребня на рейку.

На українських залізницях у відповідності із [1] норма ширини колії в прямих та в кривих ділянках на залізобетонних шпалах радіусом більше 300 м при швидкостях руху 50-140 км/год встановлюється рівною 1520 мм. Допуск відхилення за розширенням становить +8 мм, за звуженням -4 мм.

Конструктивні особливості рухомого екіпажу, особливо система зв'язку кузова з візком, в значній мірі впливають на характер його вписування в рейкову колію. До таких особливостей належать: розміщення кузова на візках, які під час руху можуть повертатися. Вертикальні навантаження від кузова передаються на візки центрально через шворні (у вантажних вагонів) чи через бокові опори (ковзуни) в такому випадку на шворні передаються лише поздовжні сили (тяги, гальмування); між візками та кузовом є демпферні та повертаючі пристрої. Демпферні пристрої сприяють гасінню (демпфіруванню) бокових коливань (вилянь) візків на прямих, але збільшують поперечні сили в кривих. Сили тертя в шворнях та в ковзунах створюють демпферні моменти тертя, які заважають вільному повороту візка в кривій.

Основними конструктивними елементами, що впливають на стабільність ширини рейкової колії та її поздовжню стійкість, є проміжні скріплення [2]. Тому в роботі досліджується вплив конструкції рейкового скріплення на сталість показників ширини рейкової колії.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. На залізницях світу не припиняються наукові пошуки й експерименти, що стосуються вдосконалення конструкції рейкової колії та скріплень. Для створення оптимальних варіантів вивчають дію різних комбінацій сил, що впливають на вузол скріплення при різних умовах експлуатації, які визначаються осьовим навантаженням, особливостями конструктивного облаштування ходових частин рухомого екіпажу, швидкістю руху поїздів, їх довжиною та масою.

Практика експлуатації залізниць показала, що для всіх конструкцій верхньої будови колії найбільш складним в конструктивному та технологічному відношенні елементом рейко-шпальної решітки являються рейкові скріплення, які істотно впливають на надійність колії, витрати та об'єми робіт при поточному її утриманні [3].

На залізницях країн світу застосовується декілька десятків типів скріплень, а дослідні конструкції нараховуються сотнями. Вони можуть бути поділені за рядом ознак: за способом прикріплення рейки до опори; за типом прикріплювачей; за наявністю підрейкової металевої підкладки; за типом опор.

Із конструкцій рейкових скріплень, що застосовуються на залізницях країн світу, можна визначити, що переважають розробки безпідкладкових скріплень з пружними клемами на залізобетонних шпалах, які забезпечують стабільність притискання рейки до опор та оптимальне поєднання пружних властивостей у вертикальній та горизонтальній площинах при достатньому опорі поздовжнім температурним силам та силам угону. Оскільки залізобетон добре працює на стиск, від металевих прокладок часто відмовляються, що дає велику економію. Але в складних умовах

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

експлуатації (з великою вантажонапруженістю, осьовими навантаженнями та наявністю кривих малих радіусів) для забезпечення стабільності колії застосовуються металеві підкладки.

В сучасних умовах експлуатації для безстикової колії на залізобетонних шпалах на зарубіжних залізницях використовують декілька типів конструкцій безпідкладкових пружних рейкових скріплень з використанням замоноличених анкерів чи дюбелів. На вітчизняних залізницях застосовуються, як підкладкові скріплення типу КБ, так і безпідкладкові типи, КПП-1, КПП-5. Підкладкові конструкції застосовуються переважно на вантажонапружених напрямках. Застосування безпідкладкових конструкцій на вантажонапружених напрямках експлуатації залізниць України потребує додаткових досліджень [4].

Відомо, що дослідження можна проводити як за допомогою методів математичного моделювання [5-6], так і за допомогою лабораторних [7-11] та експлуатаційних випробувань [12-13].

Оскільки досліджувалися конструкції рейкових скріплень, що експлуатуються на залізницях, то автор проводив аналіз даних, які були отримані під час експлуатації колії.

Мета цієї статті полягає в проведенні дослідження впливу конструкції рейкового скріплення на стабільність ширини рейкової колії на вантажонапружених ділянках залізниць України з обертанням сучасного рухомого екіпажу.

Матеріал та результати досліджень. Дослідження проводилися на прямій ділянці колії з вантажонапруженістю 60 млн. т. бр. на рік із змішаним вантажопасажирським рухом. На ділянці, що розглядалася, застосовуються три типи проміжних рейкових скріплень: КБ-65, КПП-1 та КПП-5.

Скріплення типу КБ, найбільш розповсюджені на колії із залізобетонними шпалами, мають підкладкову клемно-болтову конструкцію. Скріплення типу КПП мають безпідкладкову конструкцію з використанням пружних пруткових клем.

До розгляду приймалися дані за три роки вимірювань, які були отримані колієвимірювальним вагоном. Оскільки зазначені заходи проводяться один раз на 3 місяці, то впродовж трьох років було проведено дванадцять вимірювань.

Аналіз проводився за допомогою стандартних методів математичної статистики. Були отримані такі показники стану верхньої будови колії, як максимальна ширина, мінімальна ширина, мода, медіана, середньоквадратичне відхилення, дисперсія вибірки.

Дисперсією вибірки називається величина відхилення випадкової величини від її середнього значення [14]:

$$D[X] = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 p_i, \quad (1)$$

де m_x – центр розподілення випадкової величини;

p_i – ймовірність появи випадкової величини;

x_i – значення дискретної випадкової величини.

Середньоквадратичне відхилення, що характеризує розсіювання випадкової величини від її середнього значення, визначається за формулою [14]:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\sigma[X] = (D[X])^{1/2} \quad (2)$$

Модою називають значення x_i , для якого ймовірність p_i появи є максимальним. Медіаною називають те значення x_i , для якого ймовірність появи випадкової величини меншого або більшого значення однакова.

На рисунку 1 відображено графік зміни показника мінімальної ширини колії на ділянці, де проводились вимірювання.

Як видно на рисунку 1, максимальне відхилення звуження ширини рейкової колії характерне для скріплень типу КПП-1 та КПП-5. Для скріплень КБ характерне в більшості випадків перевищення показника мінімальної ширини колії у порівнянні із встановленим. Однак всі три типи скріплень забезпечують роботу колії.

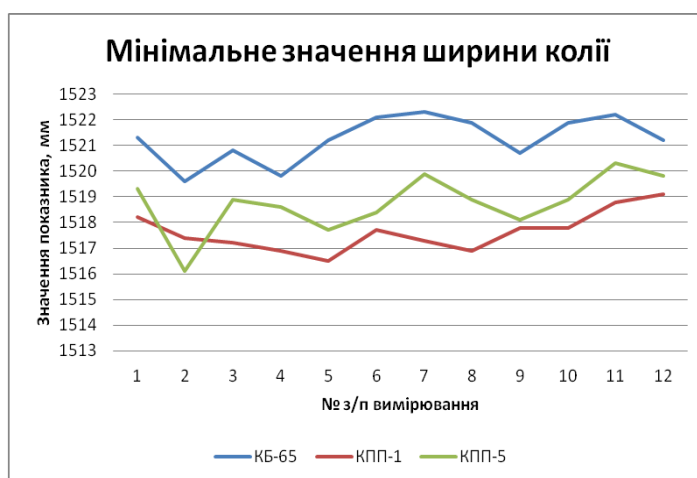


Рис. 1. Зміна мінімального значення ширини рейкової колії (за результатами спостережень впродовж 3 років)

На рисунку 2 зображено графік зміни показника максимальної ширини колії на ділянці, де проводились вимірювання.

Як видно на рисунку 2, максимальне відхилення у бік розширення було зафіксовано для скріплень типу КПП-1 та КПП-5. Скріплення типу КБ показали найменшу амплітуду зміни показників впродовж часу спостереження. Скріплення типу КПП-5 та КБ забезпечували роботу колії в межах допустимих значень відхилень. Для скріплення КПП-1 були зафіксовані випадки, коли ширина колії перевищувала допустимі межі, хоча слід відмітити, що це не було системним явищем.

На рисунку 3 зображено графік зміни моди вимірювань ширини колії на ділянці, що розглядалася.

Мінімальна амплітуда зміни моди вимірювань зафіксована для скріплення КБ. Максимальна – для скріплення КПП-5.

На рисунку 4 зображено дисперсію показників ширини рейкової колії на ділянці.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Мінімальне значення дисперсії зафіксовано для скріплень типу КБ, максимальне для скріплень типу КПП-1. Найбільше середнє значення дисперсії характерне для скріплень типу КПП-5.

На рисунку 5 зображено зміну медіанного значення ширини рейкової колії на ділянці під час спостережень.

Найбільшим є показник медіани ширини рейкової колії для скріплень типу КБ, при цьому для цих скріплень характерна мінімальна амплітуда зміни цього показника.

Мінімальна медіана показника ширини колії характерна для скріплення типу КПП-1. Максимальна амплітуда зміни медіани ширини рейкової колії характерна для скріплення типу КПП-5.

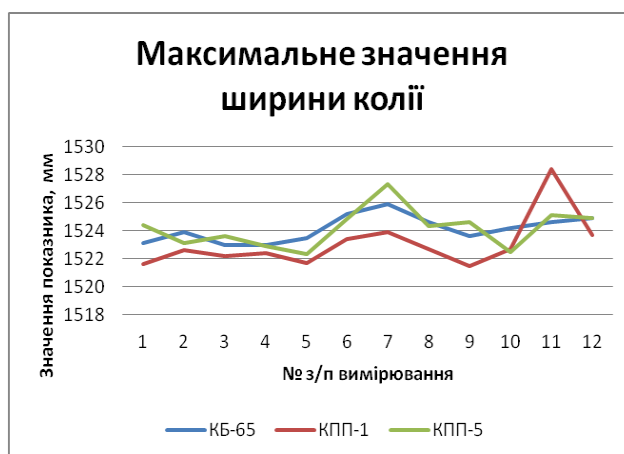


Рис. 2. Зміна максимального значення ширини рейкової колії (за результатами спостережень впродовж 3 років)

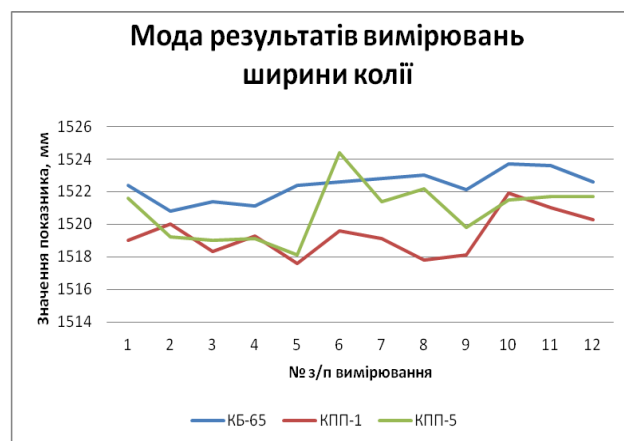


Рис. 3. Зміна значення моди показників ширини рейкової колії (за результатами спостережень впродовж 3 років)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

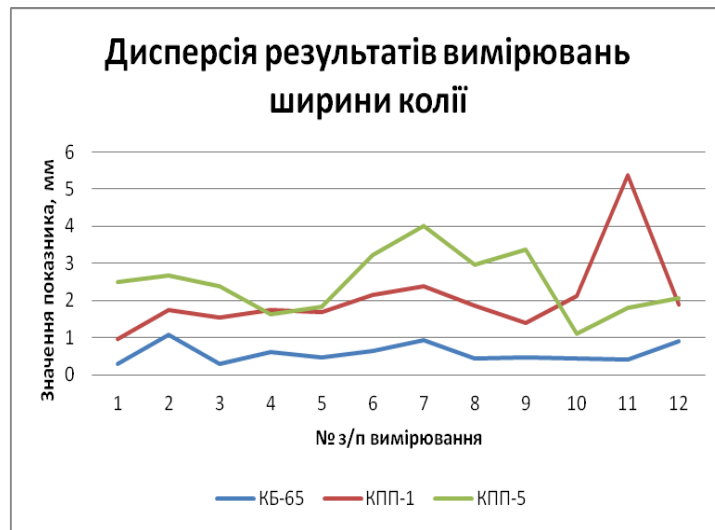


Рис. 4. Зміна дисперсії показників ширини рейкової колії (за результатами спостережень впродовж 3 років)

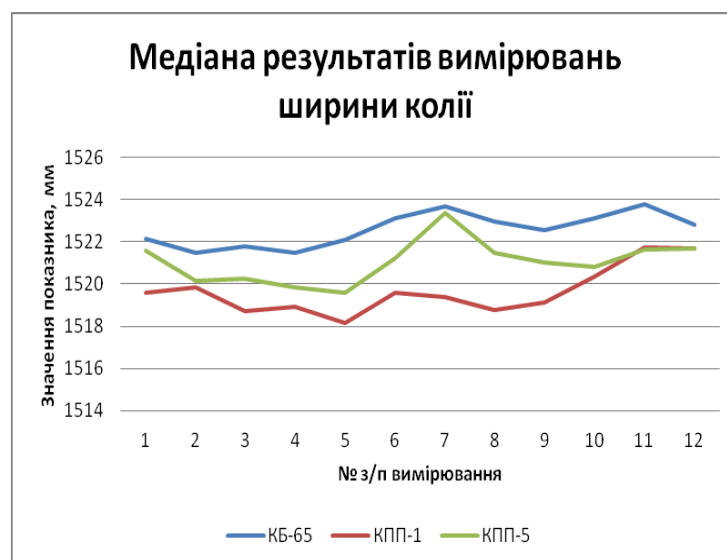


Рис. 5. Зміна медіанного значення ширини рейкової колії (за результатами спостережень впродовж 3 років)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Висновки.

З проведених статистичних досліджень видно, що усі три типи скріплень здатні забезпечити показник ширини рейкової колії в межах допустимих відхилень. Для скріплення КПП-1 були зафіксовані поодинокі випадки, коли ширина рейкової колії незначно перевищила встановлені інструкцією допуски відхилень.

Слід також відмітити, що скріплення типу КБ продемонстрували найвищу стабільність ширини рейкової колії за більшістю статистичних показників.

Такі результати можуть бути пов'язані із тим, що ділянка колії, де проводились дослідження, має досить високу вантажнапруженість, а вантажний рухомий склад має вищу динамічну дію на колію у порівнянні із пасажирським.

Для того щоб зробити однозначні висновки, потрібно провести додаткові дослідження на ділянках колії із інтенсивним рухом пасажирських поїздів при швидкостях в межах 140-160 км/год та з низькою інтенсивністю руху вантажних поїздів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Даніленко Е.І., Орловський А.М., Курган М.Б., Яковлеві В.О. і інші.. Інструкція з експлуатації та утримання залізничної колії України К.: ТОВ «НПП Поліграфсервіс», 2012. 456 с.
2. Tverdomed V., Tkachenko V., Sapronova S., Aharkov O., & Fedorova O. (2019). Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System. *Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means*.
3. Твердомед В.М., Карпінський С.Л., Сорока О.О. Вплив конструктивного оформлення вузла рейкового скріплення на забезпечення поздовжньої стійкості безстикової колії. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. Х.: УкрДАЗТ, 2017, Вип. 169, С. 47-54. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2017_169_8.
4. Tverdomed V., Aharkov O., Boiko V., & Kushmar L. (2020). Calculation of Transverse Horizontal Forces. *The Proceedings of the 24th International Scientific Conference Transport Means*. pp. 1037–1042.
5. Ferreño, D., Casado, J. A., Carrascal, I. A., Diego, S., Ruiz, E., Saiz, M., & Cimentada, A. I. (2019). Experimental and finite element fatigue assessment of the spring clip of the SKL-1 railway fastening system. *Engineering Structures*, 188, 553–563
6. Oregui, M., Li, Z., & Dollevoet, R. (2015). An investigation into the modeling of railway fastening. *International Journal of Mechanical Sciences*, 92, 1–11
7. Даніленко Е.І., Твердомед В.М., Жученко О.М. Дослідження проміжних рейкових скріплень для залізобетонних шпал на витривалість при впливі циклічного навантаження. Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Київ: КУЕТТ. 2005. Вип. 7. С. 28-37.
8. Xiao, H., Wang, J.B., & Zhang, Y.R. (2017). The fractures of e-type fastening clips used in the subway: Theory and experiment. *Engineering Failure Analysis*, 81, 57–68
9. Sung, D., & Chang, S. (2019). Nonlinear behavior of rail fastening system on slab track at railway bridge ends: FEA and experimental study. *Engineering Structures*, 195, 84–95
10. Carrascal, I. A., Casado, J. A., Diego, S., & Polanco, J. A. (2016). Dynamic behaviour of high-speed rail fastenings in the presence of desert sand. *Construction and Building Materials*, 117, 220–228
11. Holder, D. E., Csenge, M. V., Qian, Y., Dersch, M. S., Edwards, J. R., & Van Dyk, B. J. (2017). Laboratory investigation of the Skl-style fastening system's lateral load performance under heavy haul freight railroad loads. *Engineering Structures*, 139, 71–80
12. Sadeghi, J. (2010). Development of Railway Track Geometry Indexes Based on Statistical Distribution of Geometry Data. *Journal of Transportation Engineering*, 136(8), 693–700
13. Koc, W., Wilk, A., Chrostowski, P., & Grulkowski, S. (2013). Representation of mechanic hysteresis in a railway track using the Preisach model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 227(3), 217–228
14. Володарський Є.Т., Кошева Л.О. Статистична обробка даних: Навч. посібник. К.: НАУ, 2008. 308 с.

V.N. Tverdomed

Kiev Institute of Rail Transport
State University of Infrastructure and Technology
StKyrylivska9, Kyiv, 04071, Ukraine
Телефон: +380673187916, E-mail: tverdomed@gsuite.duit.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0695-1304>

STABILITY OF RAILWAY WIDTH WITH DIFFERENT RAIL COUPLING DESIGNS AT TRAIL SPEEDS UP TO 160 KM/H

The rail track is a multi-element structure, which is subject to requirements to ensure the stability of many geometric parameters. With the growth of train speeds, stricter requirements are put forward for these parameters, respectively. One of these parameters is the width of the rail track. The stability of this parameter depends on many structural nodes of the track superstructure and rolling stock. Considering the fact that the Ukrainian Railways is only planning to switch to speeds exceeding 160 km/h, there is a need to analyze the ability of the structural elements of the track superstructure, which are already used on the railway, to ensure the safety of train traffic.

The paper considers the influence of the design of the intermediate rail connection on its ability to provide a stable width of the rail track. For comparison, the most common intermediate rail fasteners on Ukrainian railways were used, in particular, fasteners of the KB-65 type, fasteners of the KPP-1 type and fasteners of the KPP-5 type. In order to determine exactly the influence of one structural node, the other parameters of the track for all three types of fasteners were equivalent. The geometric dimensions of the rail track width were obtained from the results of planned measurements of the geometric dimensions of the railway rail track by a gauge car.

With the obtained data, a statistical analysis was carried out, which made it possible to draw conclusions about the ability of intermediate rail fasteners to ensure the stability of the width of the rail track.

Key words: rail connection, railway track, rail track width, rolling stock, statistical analysis, deviation.

REFERENCES

1. Danilenko, E.I., Orlovskiy, A.M., Kurhan, M.B., Yakovlevi, V.O. et al. (2012). *Instruktsiia z ekspluatatsii ta utrymannia zaliznychnoi kolii Ukrainy [Instructions for operation and maintenance of railway track of Ukraine]*. Kyiv: TOV "NPP Polihrafservis" [in Ukrainian]
2. Tverdomed, V., Tkachenko, V., Sapronova, S., Aharkov, O., & Fedorova, O. (2019). Stability of the Railroad Track Gauge with Railpad and Railpad-free Designs of Rail Fastening System. *Proceedings of 23rd International Scientific Conference. Transport Means*.
3. Tverdomed, V.M., Karpinskyi, S.L., & Soroka, O.O. (2017). Vplyv konstruktyvnoho oformlennia vuzla reikovooho skriplennia na zabezpechennia pozdovzhnoi stiiikosti bezstykovoii kolii [The influence of the structural design of the rail fastening unit on ensuring the longitudinal stability of the non-contact track]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT - Collection of science works of UkrDUZT*, 169, 47-54. Kharkiv: UkrDAZT. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2017_169_8 [in Ukrainian].
4. Tverdomed, V., Aharkov, O., Boiko, V., & Kushmar, L. (2020). Calculation of Transverse Horizontal Forces. *The Proceedings of the 24th International Scientific Conference Transport Means*. p. 1037 – 1042.

5. Ferreño, D., Casado, J. A., Carrascal, I. A., Diego, S., Ruiz, E., Saiz, M., & Cimentada, A. I. (2019). Experimental and finite element fatigue assessment of the spring clip of the SKL-1 railway fastening system. *Engineering Structures*, 188, 553–563
6. Oregui, M., Li, Z., & Dollevoet, R. (2015). An investigation into the modeling of railway fastening. *International Journal of Mechanical Sciences*, 92, 1–11
7. Danilenko, E.I., Tverdomed, V.M., & Zhuchenko, O.M. (2005). Doslidzhennia promizhnykh reikovykh skriplen dlia zalizobetonnykh shpal na vytrivalist pry vplyvi tsyklichnoho navantazhennia [Research of intermediate rail fastenings for reinforced concrete sleepers on durability under the influence of cyclic loading] *Collection of scientific papers of Kyiv University of Economics and Transport Technologies - Zbirnyk naukovykh prats Kyivskoho universytetu ekonomiky i tekhnolohii transportu*, 7, 28-37. Kyiv: KUETT [in Ukrainian]
8. Xiao, H., Wan, J.-B., & Zhang, Y. R. (2017). *The fractures of e-type fastening clips used in the subway: Theory and experiment. Engineering Failure Analysis*, 81, 57–68
9. Sung, D., & Chang, S. (2019). *Nonlinear behavior of rail fastening system on slab track at railway bridge ends: FEA and experimental study. Engineering Structures*, 195, 84–95
10. Carrascal, I. A., Casado, J. A., Diego, S., & Polanco, J. A. (2016). *Dynamic behaviour of high-speed rail fastenings in the presence of desert sand. Construction and Building Materials*, 117, 220–228
11. Holder, D. E., Csenge, M. V., Qian, Y., Dersch, M. S., Edwards, J. R., & Van Dyk, B. J. (2017). *Laboratory investigation of the Skl-style fastening system's lateral load performance under heavy haul freight railroad loads. Engineering Structures*, 139, 71–80
12. Sadeghi, J. (2010). *Development of Railway Track Geometry Indexes Based on Statistical Distribution of Geometry Data. Journal of Transportation Engineering*, 136 (8), 693–700
13. Koc, W., Wilk, A., Chrostowski, P., & Grulkowski, S. (2013). *Representation of mechanic hysteresis in a railway track using the Preisach model. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 227(3), 217–228
14. Volodarskyi, Ye.T., & Kosheva, L.O. (2008). *Statystychna obrobka danykh: Navchalnyi posibnyk. [Statistical data processing: Handbook]. Kyiv: NAU [in Ukrainian].*

А. О. Ловська

Український державний університет залізничного транспорту
м-н. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: 066-338-19-46, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

В. Г. Равлюк

Український державний університет залізничного транспорту
м-н. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: 095-444-59-74, E-mail: ravvg@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-9482>

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕНОРМАТИВНОГО ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК І ЙОГО ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

У роботі висвітлюються результати виробничих досліджень характеру і параметрів зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів в умовах експлуатації. Визначено основні негативні наслідки дії колодок з ненормативним зносом від яких збільшуються витрати на утримання рухомого складу. Під час режимів гальмувань від дії ненормативно зношених колодок виникають високотемпературні пошкодження на поверхнях кочення коліс, результатом яких є їх позаплановий ремонт шляхом обточування, що призводить до зменшення «дорогоцінного» ресурсу обода і збільшення експлуатаційних витрат. Через зменшення корисної площі колодок до 40 % у результаті ненормативного зносу, зменшується й розрахункове гальмове натиснення колодок на колеса до 20,3 % й погіршується ефективність гальмувань у поїздах на 20-30 %. Доводиться також завчасно виконувати заміну таких ненормативно зношених колодок у вантажних вагонах, а залишки недовикористаної гумосуміші композиту вивозити на сміттєзвалища, що суттєво збільшує їх об'єми такими небезпечними відходами, які не підлягають утилізації й розкладаються тисячі років, забруднюючи при цьому навколишнє середовище.

Запропоновано процедуру проведення виробничих досліджень щодо встановлення ненормативного зносу композиційних гальмових колодок вагонів. Вона містить відповідні етапи стосовно до послідовності виконання передбачених операцій, що виконуються під час проведення обстежень елементів гальмових важільних передач візків вантажних вагонів.

У роботі розроблено класифікацію видів і типів зносу композиційних гальмових колодок і встановлені основні причини їх виникнення.

© Ловська А.О., Равлюк В.Г., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Запропоновано створення передумов до визначення напруженого стану елементів важільних передач візків, що дасть змогу повноцінно використовувати ресурс композиційних гальмових колодок на увесь міжремонтний термін експлуатації вантажних вагонів.

Ключові слова: вантажний вагон, гальмова колодка, знос колодок, класифікація зносів колодок, забезпечення руху поїздів.

А. А. Ловская

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
м-н. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: 066-338-19-46, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

В. Г. Равлюк

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
м-н. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: 095-444-59-74, E-mail: ravvg@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-9482>

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕНОРМАТИВНОГО ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОРМОЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

В работе отражены результаты производственных исследований характера и параметров износа композиционных тормозных колодок грузовых вагонов в условиях эксплуатации. Определены основные негативные последствия действия колодок с ненормативным износом, которые приводят к увеличению затрат на содержание подвижного состава. Во время режимов торможения в результате воздействия ненормативно изношенных колодок возникают высокотемпературные повреждения на поверхностях качения колес, результатом которых является их внеплановый ремонт методом обточки, что приводит к уменьшению «драгоценного» ресурса обода и увеличению эксплуатационных расходов. Из-за уменьшения полезной площади колодок до 40 % в результате ненормативного износа, уменьшается и расчетное тормозное нажатие колодок на колеса до 20,3 % и ухудшается эффективность торможения в поездах на 20-30 %. Приходится также заблаговременно производить замену таких ненормативно изношенных колодок в грузовых вагонах, а остатки недоиспользованной резиносмеси композита вывозить на свалки, что существенно увеличивает их объемы за счет таких опасных отходов, которые не подлежат утилизации и разлагаются тысячи лет, загрязняя при этом окружающую среду.

Предложена процедура проведения производственных исследований по установлению ненормативного износа композиционных тормозных колодок вагонов. Она включает в себя соответствующие этапы, касающиеся последовательности выполнения предусмотренных операций, выполняемых при проведе-

нии обследований элементов тормозных рычажных передач тележек грузовых вагонов.

В работе разработана классификация видов и типов износа композиционных тормозных колодок и установлены основные причины их возникновения. Предложено создание предпосылок для определения напряженного состояния элементов рычажных передач тележек, что позволит полноценно использовать ресурс композиционных тормозных колодок на протяжении всего межремонтного срока эксплуатации грузовых вагонов.

Ключевые слова: грузовой вагон, тормозная колодка, износ колодок, классификация износов колодок, безопасность движения поездов.

Вступ та постановка проблеми. Розвиток залізничної галузі в сучасних умовах конкурентного середовища зумовлює створення передумов для модернізації елементів механічної частини гальм вантажних поїздів, як одного з найбільш відповідальних вузлів з точки зору забезпечення їх руху [1–3].

Гальмування вантажного поїзда є дуже складним процесом, специфічним для залізничних транспортних засобів і має велике значення через істотний внесок в забезпеченні руху за рахунок справної роботи гальмових систем й ефективності їх експлуатації.

Фрикційні вироби гальмових систем, а саме, композиційні гальмові колодки є критично важливими для забезпечення руху вантажних поїздів. Вони повинні бути ретельно спроектовані та розроблені, бути адаптовані до використання на різноманітному діапазоні транспортних засобів, гарантувати потрібні механічні властивості матеріалу, що в сукупності дасть можливість забезпечення ефективності під час гальмування.

Одним з найбільш несприятливих явищ експлуатації композиційних гальмових колодок є їх клинодуальний знос, який характеризується зменшенням корисної площі колодки, яка вже не використовується під час гальмування [4]. Використання таких гальмових колодок в процесі експлуатації, по-перше збільшує ризик небезпеки на залізничному транспорті, а по-друге призводить до виникнення на поверхнях кочення колісних пар масових несправностей, від яких зазнає збитків залізнична інфраструктура.

Тому для забезпечення руху вантажних поїздів виникає необхідність проведення досліджень в зазначеному напрямку.

Аналіз існуючих досліджень. Питання забезпечення руху вантажних поїздів є досить актуальними і залежать від багатьох факторів, зокрема технічного стану та навантаженості складових їх гальм. Так, наприклад, у праці [5] виконано аналіз напружень, що виникають у гальмовій колодці та термічний аналіз з використанням програмного забезпечення SolidWorks. Запропоновано альтернативне рішення щодо використання композиту на основі модифікованої смоли алкілбензолу для збільшення коефіцієнту тертя.

У роботі [6] наведені результати випробувань вантажного рухомого складу промислового транспорту щодо ефективності гальмування, а також конструктивно-динамічного аналізу гальмового механізму. Виконані дослідження полягали у визначенні типу та параметрів емпіричної залежності коефіцієнта тертя гальмової колодки на поверхні кочення колеса у залежності від швидкості та гальмування, а також у визначенні кінетичної характеристики гальма вантажного рухомого складу промислового транспорту. Однак, при цьому авторами не приймався до уваги кли-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

нодуальний знос колодок вантажних вагонів, який дуже суттєво впливає на ефективність гальмування вагонів промислового транспорту.

У публікації [7] запропоновано новий фрикційний матеріал гальмових колодок, який впливає на термін служби коліс рухомого складу. Основна увагу приділяється вирішенню проблем пов'язаних із застосуванням сучасних гальмових матеріалів і досліджується їх вплив на термічні та механічні властивості під час передачі навантаження під час гальмування на залізничні колеса.

Коллективом авторів у роботах [8, 9] наведено результати експлуатаційних досліджень щодо оцінки чинників, які слугують виникненню на поверхні кочення колісних пар дефектів термічного походження при взаємодії з композиційними гальмовими колодками. Для запобігання таких дефектів запропоновано використовувати композиційні колодки з металевими вставками, які дозволять зменшити їх відсоток. Під час обстеження гальмового обладнання вантажного поїзда, були виявлені різного виду несправності механічної та пневматичної частин гальм, виконувався огляд гальмових колодок під час якого було виявлено їх клиновидний знос через торкання верхнього кінця об поверхню кочення. Однак у роботах не розглядалися питання щодо попередження виникнення клинодуального зносу колодок, що в свою чергу суттєво зменшує гальмову ефективність вантажного поїзда не залежно від того, які використовуються гальмові колодки.

У праці [10] авторами проаналізовано експлуатаційні показники якості чавунних і композиційних гальмових колодок, що використовуються на різного роду рухомому складу. Наведено деякі негативні чинники композиційних колодок, описано їх вплив на довкілля та процеси, що спричиняють пошкодження поверхонь кочення коліс рухомого складу.

У багатьох дослідженнях щодо застосування композиційних гальмових колодок у рухомому складі науковцями порушені питання в першу чергу, що стосуються безпеки руху та навколишнього середовища. Тому скорочення експлуатаційних витрат у залізничній галузі часто означає, що гальмові колодки розглядаються як товар, який часто закупають за найнижчою ціною за умов задовільної їх роботи. Проте, це може не призвести до найнижчих експлуатаційних витрат, а вибір фрикційного матеріалу може мати пряий вплив на термін служби колеса, заміна якого зазвичай набагато дорожча ніж інших вузлів вагона [11].

У роботі [12] автори на підставі огляду публікацій наводять порівняльні показники якості та експлуатаційні характеристики чавунних гальмових колодок, виготовлених ливарним способом і композиційних колодок. Описано деякі недоліки застосування композиційних колодок, наприклад, низька теплопровідність, спричиняє термічний вплив на поверхні кочення коліс рухомого складу. А це призводить до збільшення експлуатаційних витрат на ремонт колісних пар. Інший суттєвий недолік — це відсутність в технічних умовах на виготовлення, стандартах та технічній документації переліку та вмісту інгредієнтів у гумосуміші композиту, їх хімічний склад, що суперечить чинному законодавству України й унеможлиблює процес контролю за цими речовинами. Однак, у статті не згадується про витрати від ненормативного зносу композиційних гальмових колодок, який виникає під час руху без гальмування у вантажному рухомому складі.

В інших дослідженнях [13-15], які спрямовані на впровадження сучасних матеріалів у конструкцію триботехнічних вузлів обґрунтовано ефективність їх застосування в сучасному рухомому складі, які дозволили збільшувати швидкість руху, осьове навантаження, ефективність гальмової системи тощо. Але, в той же час, є

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

низка проблем, пов'язаних з ненормативним зносом гальмових колодок у вантажних вагонах, які потрібно вирішити. Таким чином, проблеми, пов'язані зі зносом гальмових колодок і коліс вантажного рухомого складу, насправді є [16, 17], і в цьому сенсі проводяться роботи, пов'язані з удосконаленням елементів важільної передачі вантажних вагонів для забезпечення руху вантажних поїздів шляхом підвищення ефективності експлуатації їх гальм.

Аналіз літературних джерел [1–17] дає змогу зробити висновок, що питання клинодуального зносу композиційних гальмових колодок, які використовуються у гальмових системах візків вітчизняного та сучасного парку вагонів є актуальними та потребують дослідження і розвитку.

Метою роботи є дослідження причин ненормативного зносу гальмових колодок і створення передумов щодо повноцінного ресурсу їх використання на увесь міжремонтний термін експлуатації.

Для досягнення зазначеної мети визначені такі завдання:

- визначити недоліки використання композиційних гальмових колодок;
- запропонувати процедуру проведення виробничих досліджень щодо встановлення ненормативного зносу гальмових колодок вагонів;
- проаналізувати технічний стан композиційних гальмових колодок, визначити класифікацію видів і типів зносу та встановити причини їх ненормативного зносу для різних величин пробігу вантажних вагонів.

Матеріали та результати досліджень. Нині увесь парк вантажних вагонів, як АТ «Укрзалізниця» так і промислових підприємств, облаштовані пристроями рівномірного зносу гальмових колодок, але вони мають дуже низьку надійність. Через це втрачається їх працездатність навіть іще у тих вагонах, які щойно вводяться в експлуатацію із вагонобудівних або ремонтних підприємств. Тому більш ніж 90% вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» працюють з клинодуальним зносом гальмових колодок, через що погіршується ефективність гальмувань у вантажних поїздах.

Типовий триангель, який використовується у візках вантажних вагонів моделей 18-100, 18-101 та інноваційних, має врівноважену конструкцію відносно свого підвішування. Однак, після приєднання до розпірки триангеля гальмової важільної передачі (ГВП) з деталями умова рівноваги триангеля порушується. Він, під дією зусилля, що утворюється масою всіх деталей, що до нього приєднані, нахиляється до упору, а це призводить до притискання верхніх країв композиційних гальмових колодок об поверхню кочення коліс. А це призводить до інтенсивного тертя верхніх кінців колодок об поверхню кочення коліс під час руху без гальмування. В результаті цього на верхніх частинах гальмової (робочої) поверхні колодок, які контактують з колесами, інтенсивно нарощується місцева стертість, яка викликає їх клинодуальний знос [4, 18].

З явищем клинодуального зносу композиційних гальмових колодок пов'язані такі негативні наслідки:

- збільшуються витрати енергоносіїв на тягу поїздів на переборювання тертя колодок об колеса. За попередньо виконаними тяговими розрахунками до 3 %, а це сотні тон дизельного палива і тисячі кВт електроенергії, витрачаються даремно під час вантажних перевезень, збільшуючи суттєво собівартість перевезень вантажів залізничним транспортом;
- у два рази збільшуються витрати композиційних гальмових колодок;
- кардинально погіршується ефективність гальмування у вантажних поїздах, а також зменшується розрахункове гальмове натиснення колодок на 20,3 %;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– масово утворюються на поверхнях кочення коліс високотемпературні пошкодження (вищербини, повзуни, раковини, кільцеві виробки тощо), що негативно впливають на безпеку руху поїздів, зменшують ресурс колісних пар і збільшують опір від їх перекочування по рейках. Так само спричиняють додаткові експлуатаційні витрати на ремонт колісних пар вантажних вагонів, які пов'язані з виконанням маневрових і важких демонтажно-монтажних робіт у експлуатаційних підрозділах вагонного господарства;

– навколишнє середовище зазнає значних екологічних збитків від «захоронення» таких клинодуально зношених композиційних колодок із значними залишками робочої маси, які щорічно вивозяться сотнями тон на сміттєзвалища від підприємств залізничного транспорту. А це суттєво збільшує їх об'єми небезпечними азбестогумовими відходами, які не підлягають утилізації й розкладаються тисячі років, забруднюючи при цьому навколишнє середовище, яке відіграє важливу роль у житті та здоров'ї людей.

Для того, щоб успішно вирішити таку проблему, потрібно виконати виробничі дослідження за певною процедурою, яка встановлює послідовність обстежень гальмових систем і коліс візків вантажних вагонів під час технічного обслуговування та ремонту (ТОР) вагонів. Аналіз результатів цього дослідження щодо зібраного статистичного матеріалу дозволить встановити причини виникнення відмов елементів ГВП й коліс і створити підстави щодо удосконалення гальмової системи візка стосовно до використання повного ресурсу гальмових колодок за увесь гарантований міжремонтний період експлуатації вантажних вагонів [18].

Для визначення геометричних і температурних показників колодок під час обстеження гальмових систем вантажних вагонів:

- виконується вимірювання температури гальмової колодки;
- проводиться зовнішній огляд усіх елементів ГВП з фотофіксацією дефектних вузлів і їх замірюванням за можливості доступу;
- здійснюється вимірювання довжини шкідливої стертості та товщин гальмових колодок у контрольних точках (зверху, по лінії розмежування площин і низу).

Процедура проведення виробничих досліджень.

Виробничі дослідження проводяться з метою виявлення та накопичення достатньої кількості статистичних даних про наявність несправностей, відмов або дефектів, що зумовлюють утворення й розвиток клинодуального зносу композиційних гальмових колодок вантажних вагонів. Для виконання процедури здійснювалися такі етапи:

– **перший етап** — виконання вимірювання температури гальмової колодки за допомогою пірометра, одразу після прибуття поїзда на колії сортувальної станції або спеціалізованого пункту [19, 20];

– **другий етап** — перевірка термінів повірки або калібрування необхідного вимірювального інструменту та оснащення;

– **третій етап** — перевірка оглядачем вагонів огороження вантажного составу, якщо він знаходиться на коліях пункту технічного обслуговування (ПТО) вантажних вагонів;

– **четвертий етап** — контроль та перевірка відповідності гальмової важільної передачі (ГВП) візків вантажних вагонів комплектам конструкторської документації [21, 22], проведення зовнішнього огляду та вимірювання відповідними засобами вимірювальної техніки відповідно до технологічного процесу підприємства, вимог нормативної та технічної документації;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– **п'ятий етап** — вимірювання товщини і довжини гальмових колодок вимірюють лінійкою, а зазор у місцях прилягання колодки до поверхні кочення коліс за допомогою щупа з вибірковою фотофіксацією.

У процесі виробничого дослідження необхідно виконати:

– вимірювання зазорів між кожною колодкою і поверхнею кочення колеса у двох станах колодки, як у загальмованому стані так і за попушених гальм (за умови, що рухомий склад знаходиться на ПТО);

– вимірювання довжини шкідливої стертості колодки $l_{уст}$ (рис. 1);

– вимірювання товщини колодок по лінії розмежування площин $\Delta_{пр}$ (за наявності), у верхній $\Delta_в$ і нижній $\Delta_н$ частинах колодок (рис. 2).



Рис. 1. Схема вимірювання довжини шкідливої стертості гальмової колодки, що утворилася в експлуатації

Величину клинодуальності колодки визначають за різницею вимірної товщини:
– по лінії розмежування площин і верхньої частини за виразом:

$$\xi_{В\text{кд}} = \Delta_{пр} - \Delta_в, \quad (1)$$

де $\Delta_{пр}$ і $\Delta_в$ – товщина колодки відповідно по лінії розмежування і верхньому кінці, мм;

– у нижній частині та по лінії розмежування площин за виразом:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\xi_{H_{\text{ко}}} = \Delta_n - \Delta_{\text{пр}}, \quad (2)$$

де Δ_n – товщина колодки на нижньому кінці, мм.

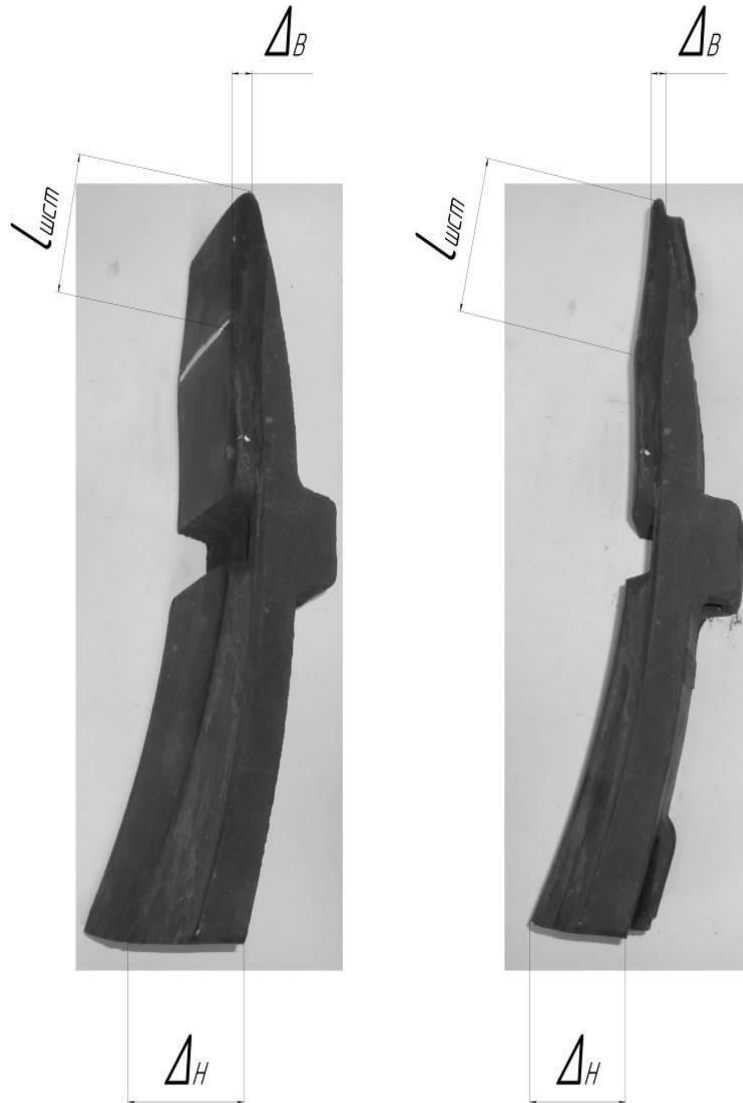


Рис. 2. Схема вимірювань колодок для визначення величини ненормативного зносу колодки

Якщо колодка зношена клиноподібно, її геометричні параметри зносу визначають за різницею виміряної товщини колодки в нижній та верхній частинах:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\xi_{\text{кр}} = A_n - A_b. \quad (3)$$

У процесі обстежень оглядач-ремонтник вагонів виконує зняття вибірково обраних гальмових колодок з вагонів за умови, коли рухомий склад знаходиться на ПТО [19, 21]. Однак, якщо візок поданий в дільницю для ремонту, тоді слюсар з ремонту рухомого складу повинен зняти всі колодки після обстеження гальмової системи візка та перевірити їх габаритні розміри за допомогою штангенциркуля і лінійки, за допомогою ваг (типу РН-10Ц 13У) перевірити їх масу. За наявності пошкоджень (кільцевих виробок і вибоїн) робочої частини колодки, їх перевірити мікрометром, або індикатором годинникового типу;

– *шостий етап* — на фінальному етапі виконати упорядкування зібраних статистичних матеріалів виробничого дослідження. За результатами обстеження пошкоджених елементів усі числові значення, які наведені в спеціально розроблених дефектних відомостях (картах) необхідно ввести в комп'ютерну базу даних.

Виробничі дослідження щодо обстеження композиційних гальмових колодок вантажних вагонів проводилися в умовах підприємства вагонного господарства — експлуатаційного депо «Основа» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця».

Під час виконання виробничих досліджень було встановлено, що застосування композиційних гальмових колодок на вантажному рухомому складі дуже сильно впливає на збільшення кількості відмов коліс у процесі їх експлуатації. Основною причиною появи таких відмов є те, що композиційні гальмові колодки мають низьку теплопровідність і здатні вкраплювати метал колеса у робочу (гальмову) площину колодки, а це призводить до виникнення на поверхні кочення коліс різного роду пошкоджень (повзунів, наварів, вищербин), які відносяться до термомеханічного характеру.

Процес вкраплювання металу в робочу (гальмову) площину тертя композиційної гальмової колодки — це наслідок фрикційної взаємодії й схоплювання контактуючих поверхонь в результаті пластичної деформації, яка відбувається під час фрикційного нагрівання, а також великих контактних нормальних і дотичних напружень [23]. Такому явищу, як вкраплювання металу колеса у поверхню тертя композиційної гальмової колодки сприяють технологічні дефекти на поверхні тертя, які утворилися в процесі експлуатації [24]. Частинки сталі, які відокремилися від колеса під час гальмування, знаходяться між гальмовою колодкою і колесом. Однак, в умовах великих питомих тисків, високих температур і підвищеної пластичності, що властиво сталі під час силових режимів і екстремальних температур, розкочуються у вигляді тонких пластинок неправильної форми і вкраплюються у тіло композиційної гальмової колодки (рис. 3, а).

Під час виконання ступеневого, службового або екстреного гальмувань процес вкраплювання металу в тіло гальмової колодки повторюється. Проте, він ускладнюється тим, що до взаємодіючої триботехнічної пари «гальмова колодка – колесо», ще й додається тертя сталі колеса об сталь, що зафіксувалася на поверхні колодки. Ці продукти зношування утворюють на поверхні композиційної гальмової колодки конгломерат з пластинок різної товщини від 30 до 200 мкм, які поступово збільшуються за товщиною і площею поверхні колодки (до 20 %).

Тому в результаті наступних видів гальмувань [21, 25] відбувається інтенсивний місцевий знос поверхні кочення колеса з можливими утвореннями на ній поверхневих дефектів від вкраплених частинок металу в поверхню тертя композиційної га-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

льмової колодки — кільцевих канавок і глибоких рисок. Через деякий час відбувається повторювання циклів гальмувань й маса вкрапленого металу досягає свого критичного значення і в результаті цього здійснюється виривання матеріалу композиційної гальмової колодки (рис. 3, б).

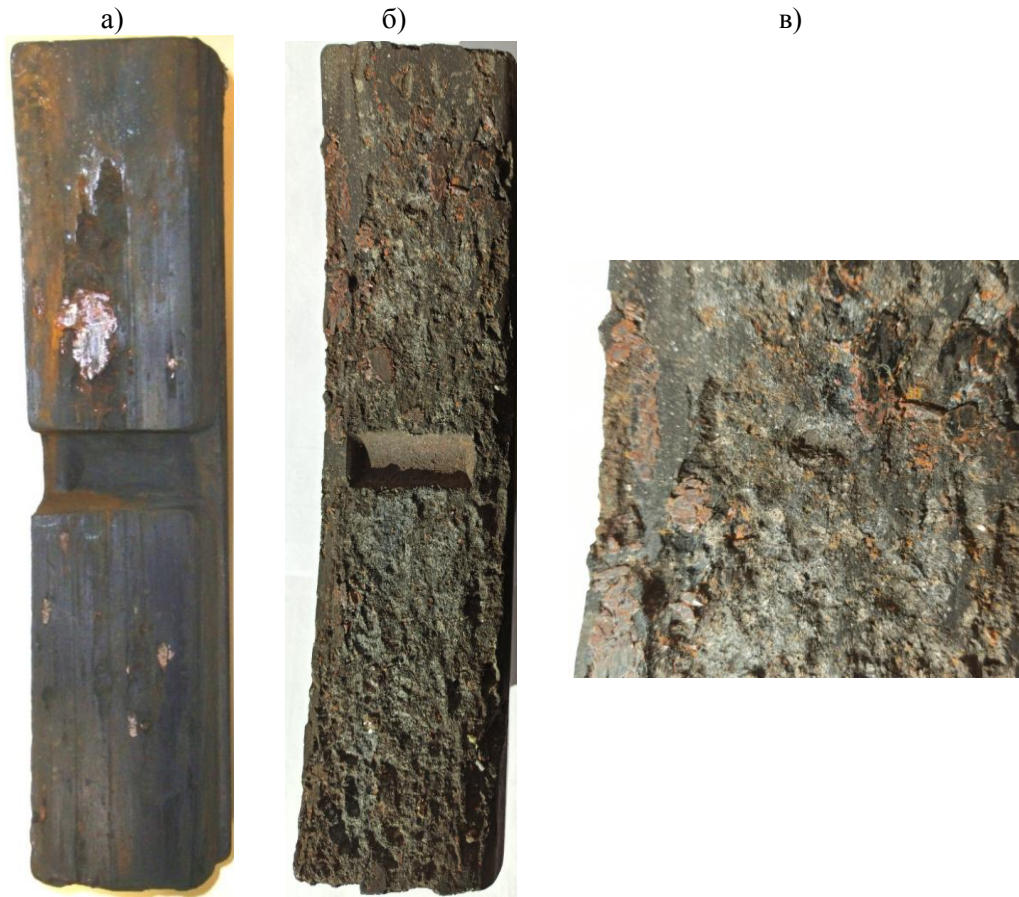


Рис.3. Пошкоджені композиційні гальмові колодки вантажних вагонів

а) - з металічними частинками пошкоджених коліс; б) – вирвані фрагменти матеріалу колодки з її тіла; в) – збільшений фрагмент частини пошкодженої колодки, що приймає участь у гальмуванні у вигляді викришування та виривів

За проведеними результатами виробничих досліджень знос композиційних гальмових колодок може проявлятися (за геометрією) у вигляді двох якісних видів: моністичного та дуального (рис. 4) [26].

Моністичний різновид зносу і його типи композиційних гальмових колодок, характеризується тим, що величина, яка характеризує відхилення робочої поверхні колодки в окrajні даної її точки від дотичної прямої близька до циліндричної форми з постійним радіусом. Цей вид має змінну товщину колодки в поперечних своїх перетинах. У верхніх перетинах такі колодки мають значно меншу товщину ніж в

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

перетинах, які ближче до нижніх.

Клинодуальний різновид зносу і його типи композиційних гальмових колодок, характеризується тим, що практично робоче (гальмове) тіло зношується подвійно з лінією розмежування двох площин тертя. Клинодуальний фрикційний знос може утворюватися у фрикційних гальмових механізмах будь-яких видів транспортних засобів з колодковими, дисковими, барабанными та іншими гальмами. Цей вид зносу утворюється у тому випадку, коли є несправні пристрої кріплення та відведення колодок або гальмових накладок від рухомої поверхні, якій потрібно створити штучний опір руху.

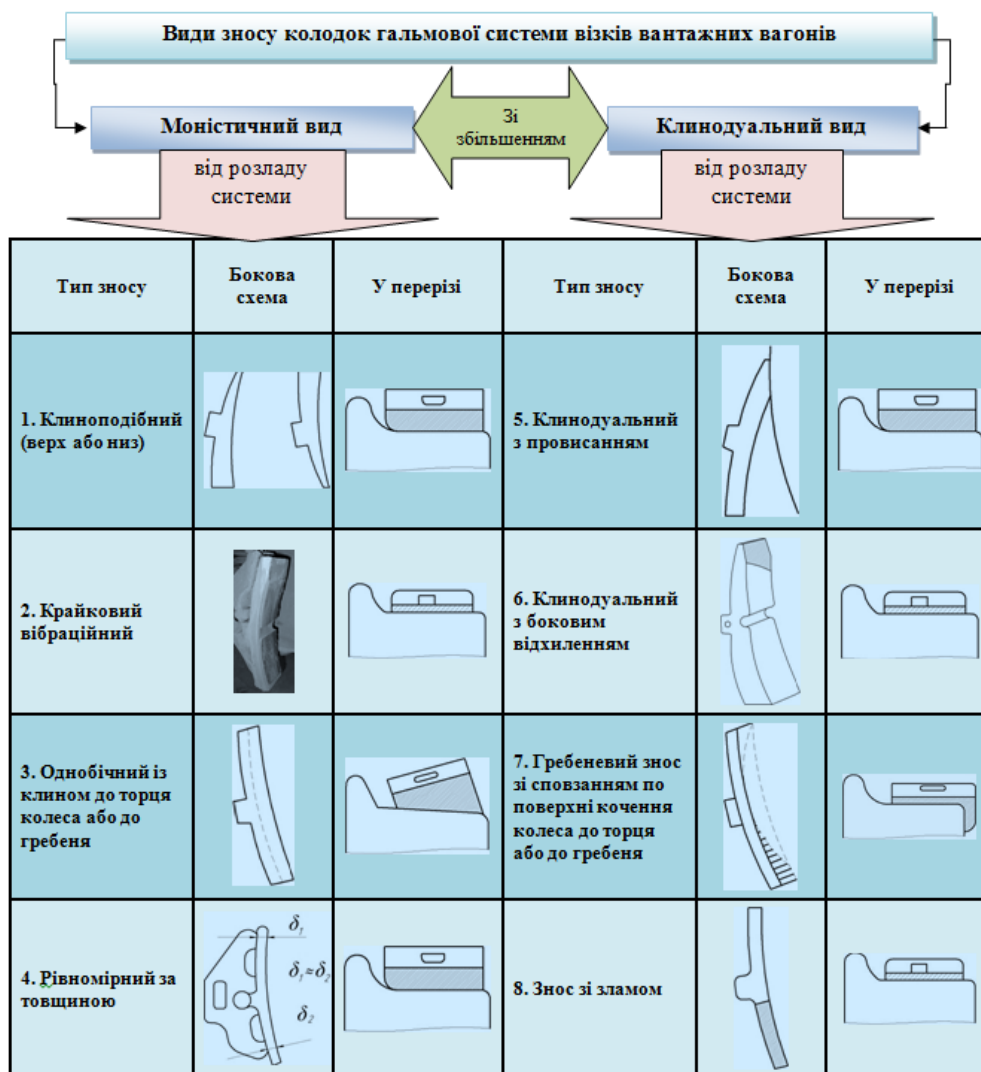


Рис. 4. Класифікація видів і типів зносу композиційних гальмових колодок

Наведена класифікація різноманітності видів і типів зносу композиційних гальмових колодок вагонів заснована на припущенні про те, що ГВП не критичні до деформацій бокової рами і центрального ресорного підвішування. Через те, що ма-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ятникові підвіски з елементами ГВП кріпляться до кронштейнів на бокових непідресорених частинах рами візка. У зв'язку з цим під час руху вантажного вагона на прямих дільницях, а також дільницях, що мають відповідні радіуси рейкової колії гальмові колодки з деталями ГВП зміщуються відносно поверхонь кочення коліс, як елементи плоского механізму. Так само внаслідок коливань вантажного вагона з ходовими частинами в просторі й при різному їх завантаженні, майже усі ланцюги ГВП можуть мати технологічні зміщення та вібраційні відхилення від своїх першопочаткових положень. До того ж ця обставина посилюється тим, що один кінець повздовжньої гальмової тяги спирається на вертикальний важіль необресореного візка, а другий — приєднано до горизонтального важеля, що знаходиться зазвичай біля гальмового пневмоциліндра, що розміщується на рамі підресореного вагона.

Тому за такої різноманітності зносів (рис. 4) не можна дати якоюсь мірою достовірну оцінку не враховуючи динаміку руху вантажного вагона по рейковій колії з нерівностями рис. 5 [26], а також без розсуду деяких особливостей процесу багатофазного гальмування вантажних вагонів, що оснащені різними конструкціями триангельних ГВП. До тепер такі дослідження не висвітлені у публікаціях.



Рис. 5. Технічний стан рейок
(а) – вибоїни на головці; б) – розширення головки та вибоїни

Тим не менш, під час виконання технічного обслуговування вантажних вагонів коли здійснюється огляд елементів ГВП і вимірювання гальмових колодок, передбачається контроль лише кількісного перевищення норми клиноподібного зносу [21]. Однак, цією «Інструкцією» оцінювання якісних особливостей фрикційного зносу практично не передбачена.

З іншого боку, товщина колодки в точці, що контролюється залежить основним чином від пробігу вагона з такою колодкою. Причому, ця величина оцінюється тільки під час огляду вузлів та деталей вагона на ПТО де передбачена зупинка потягу. Спочатку контроль здійснюється візуально, а потім за рахунок не зовсім зручних і не завжди точних вимірювань з використанням звичайної лінійки. У зв'язку з цим, не виявлення перевищень граничного зносу гальмової колодки за товщиною може призвести до важких наслідків на залізниці. Також, втрата працездатності гальмової колодки може настати й під час прямування поїзда по дільниці з гарантованим плечем ПТО через несприятливий вплив напружено-деформованих факторів,

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

які спричиняють зниження ефективності гальмування вантажного поїзда. А це недопустимо, з точки зору гарантування безпеки руху на залізничному транспорті.

Що стосується моністичного типу зносу гальмових колодок (рис. 1, «п. 1»), це явище вважається цілком природним й спостерігається на залізницях у тих країнах, де у вантажному рухомому складі застосовується триангельний спосіб функціонування колодкового гальма (рис. 6).

Тут, як і в інших випадках виникнення зносу окремих деталей ГВП, слід звернути особливу увагу на ту обставину, що небажаний знос колодок (незалежно від виду та типу за класифікацією) є небезпечним не скільки з наднормативних їх величин в залежності від пробігу [26, 27], що збільшує загальні експлуатаційні витрати залізниць на вантажні перевезення, а скільки зі створенням небезпечних умов виникнення транспортних подій на залізничному транспорті.

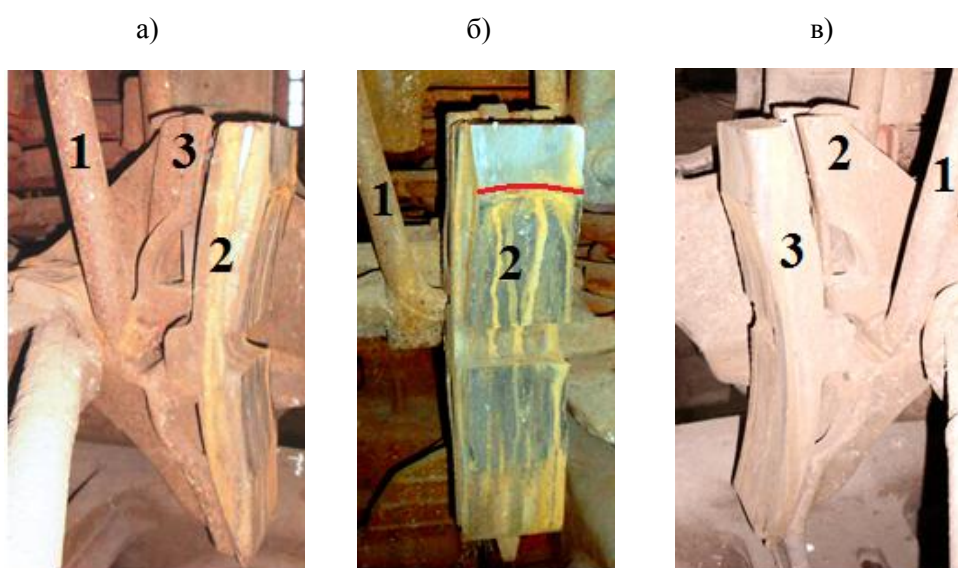


Рис. 6. Елементи типового колодкового гальма візка вантажного вагона
(а) - вигляд з боку від колеса (ліва колодка); б) - фронтальний вигляд з лінією розмежування площин (червоний колір); в) - вигляд з боку від колеса (права колодка);
1 – маятникова підвіска; 2 - гальмовий башмак; 3 – композиційна гальмова колодка)

Клинодувальний знос композиційних гальмових колодок виникає під час руху вантажних вагонів. У більшості візків за попущених гальм колодки схилені та впираються своїми верхніми крайками у поверхні кочення коліс і здійснюють шкідливе тертя. При цьому на колодках утворюються дві площини фрикційного зносу: верхня на якій колодка стирається кососиметрично, під час руху вагонів без гальмування, досить інтенсивно у залежності від швидкості; нижня — якою здійснюється гальмування (рис. 7).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

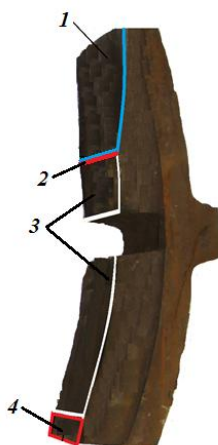


Рис. 7. Вигляд клинодуально зношеної композиційної гальмової колодки
 (1) – площина шкідливої стертості; 2) – лінія, що розмежовує площини; 3) – гальмова площина;
 4) – залишок площини від номінальної колодки, який не приймав участі в гальмуваннях)

Важливо сказати, що порівняльні характеристики двох видів ненормативного зносу композиційних гальмових колодок у вантажних вагонах експлуатаційного парку за клиномоністичним і клинодуальним зносом суттєво відрізняються (табл. 1). За вказаними характеристиками клинодуальний знос значно погіршує експлуатаційні властивості транспортних засобів.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика властивостей гальмових колодок у вантажних вагонах експлуатаційного парку

Характеристика	Властивості колодок за видом зносу:	
	моністичним	клинодуальним
Ресурс колодок	зменшений на 5-8 %	зменшений на 30-55 %
Ефективність гальмувань	не зменшується	зменшується на 20-30 %
Збільшення опору рухові у поїздах	немає	3-5 %
Високотемпературні пошкодження поверхні кочення коліс	незначні	суттєві, їх велика кількість
Зменшення робочої поверхні колодок	немає	до 40 %
Кількість випадків появи такого зносу в сучасних умовах експлуатації вантажних вагонів	до 8 %	90-93 %

За результатами виробничих обстежень композиційних гальмових колодок вантажних вагонів встановлено, що незалежно від підприємства, яке виготовляє колодки і композиційного матеріалу з якого їх виготовляють під час експлуатації з'являються дефекти, які наведені в табл. 2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. Оглядова картка для підсумку даних про кількість дефектних композиційних гальмових колодок вантажних вагонів

№ (позиція на гістограмі)	Найменування дефектів колодок	Відсоток
1	Клинодуальний знос гальмових колодок	90,68
2	Вкраплювання металу з поверхні кочення колеса в робочу поверхню гальмової колодки	41,18
3	Виривання й раковини тіла колодки та вкраплювання металу в робочу поверхню гальмової колодки	33,65
4	Виривання й раковини тіла колодки	24,2
5	Клиномоністичний знос гальмової колодки	7,71
6	Розлом колодки за температурною виїмкою	4,61

Отримані кількісні результати статистичних досліджень щодо наявності дефектів в обстежених 3735 гальмових колодок вантажних вагонів. За результатами досліджень у розгорнутому вигляді наведено статистичний аналіз обстежених композиційних гальмових колодок з наявними дефектами (рис. 8).

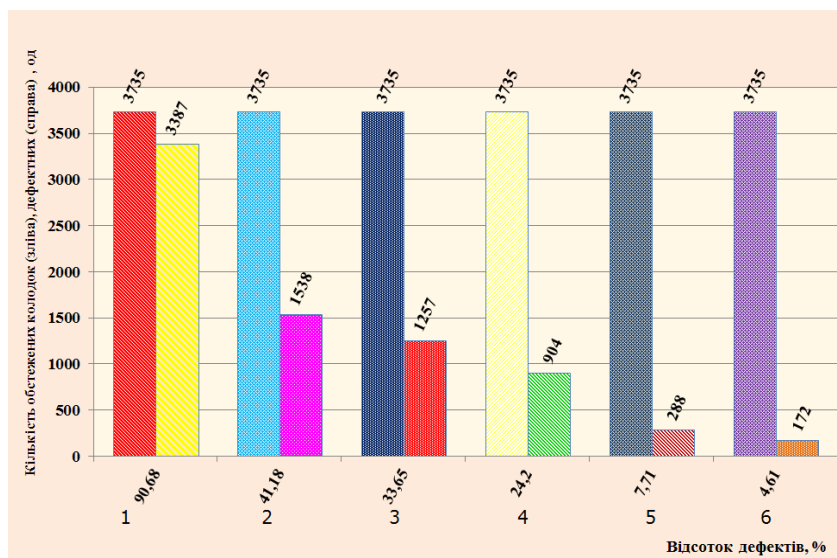










Рис. 8. Гістограма загальної кількості обстежених композиційних гальмових колодок вантажних вагонів з наявними дефектами

Отриманий статистичний матеріал за результатами обстежень колодок гальмових систем різних типів вантажних вагонів дозволяє проаналізувати процес утворення клинодуального зносу (табл. 3) і в подальших дослідженнях виконати оцінку термонапруженого стану композиційних гальмових колодок і їх вплив на ефективність процесу гальмування рухомого складу.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 3. Результати вимірювання геометричних параметрів клинодуально зношених гальмових колодок

Параметри (місця) вимірювання	Візок							
	1				2			
	Бік							
	зовнішній	внутрішній	зовнішній	внутрішній	зовнішній	внутрішній	зовнішній	внутрішній
Товщина вверху колодки, Δ_v	8	4	8	2	15	20	35	37
Товщина на лінії розмежування колодки, Δ_{np}	14	11	28	17	25	32	40	30
Товщина внизу колодки, Δ_n	24	21	56	42	34	39	55	50
Довжина шкідливої стертості колодки $l_{шт}$	43	55	80	85	60	70	45	75
Загальна довжина колодки, l_z	330		335		330		332	
Фото колодок								
Фото колодок								

Під час виробничого дослідження було звернено увагу на те, що працівники вагонного господарства коли виконують технічне обслуговування вагонів і виявляють гальмові колодки, що не відповідають вимогам «Інструкції» [21, 27] вимушені їх замінювати на нові. Тому непридатні до подальшого використання гумоазбестові гальмові колодки, що зняли з вагонів в умовах експлуатації на ПТО або у вагоно-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ремонтній ділянці депо під час ремонту (рис. 9), у великих обсягах вивозяться з підприємств вагонного господарства на сміттєзвалища.



Рис. 9. Вигляд відпрацьованих гальмових колодок, підготовлених до вивезення на смітник

Технології їх переробки, реставрації чи утилізації не існує, тому їх недопрацьована композиційна маса потрапляє в довілля. При цьому виділяються тисячі тон високотоксичних хімічних речовин, які не враховуються природоохоронними службами. При збереженні сформованої тенденції розвитку залізничного транспортного комплексу прогнозована кількість зважених забруднюючих речовин, що надходять в довілля населених пунктів, складе мільйони тон.

Висновки.

1. Виконано дослідження стосовно негативних наслідків від дії композиційних гальмових колодок з ненормативним зносом за якими можна констатувати, що збільшуються витрати, як на дизельне паливо, так і на електроенергію для тяги поїздів, в разі збільшуються й витрати на придбання нових композиційних колодок, які необхідно використовувати для заміни ненормативно зношених. Від дії спотворених колодок на поверхнях кочення коліс виникають - вищербини, повзуни, раковини, кільцеві виробки тощо. Це призводить до збільшення експлуатаційних витрат на ремонт колісних пар шляхом їх обточування і зменшення «дорогоцінного» ресурсу ободів. Погіршується ефективність гальмувань у поїздах на 20-30 % за рахунок зменшення робочої (корисної) площі контакту гальмової колодки до 40 %, що супроводжується й зменшенням розрахункового гальмового натиснення колодок на колеса до 20,3 %. А довілля зазнає величезних екологічних збитків від «захоронення» таких клинодуально зношених композиційних колодок.

2. Запропоновано процедуру проведення виробничих досліджень щодо встановлення ненормативного зносу композиційних гальмових колодок. Вона містить шість етапів у яких детально описано послідовність виконання передбачених опе-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

рацій, що виконуються під час проведення обстежень елементів ГВП візків вантажних вагонів.

3. За результатами обстежень гальмових систем вантажних вагонів на полігоні пункту технічного обслуговування накопичено достатню кількість статистичного матеріалу про технічний стан колодок, який сформовано у розроблених відомостях та побудовано графічні залежності. За розробленою процедурою щодо проведення виробничих досліджень виконувалися вимірювання елементів ГВП для різних типів і пробігів вантажних вагонів. Розроблено класифікацію видів і типів зносу колодок й встановлені основні причини їх виникнення. Це дозволить розробити заходи щодо запобігання виникнення такого негативного явища, як клинодуальний знос колодок й створити передумови до визначення напруженого стану елементів важільних передач візків, що дасть змогу повноцінно використовувати ресурс композиційних гальмових колодок на увесь міжремонтний термін експлуатації вантажних вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін О. В., Ловська А. О., Горбунов М. І. Вплив повздовжньо-динамічних навантажень на міцність гальмової важільної передачі візка вагона, обладнаного новим концептом упряжного пристрою. Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. 2020. №5 (261). С. 67-73. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2020-261-5-67-73>
2. Fomin, O., Lovska, A., Kovtun, O., & Nerubatskyi, V. (2020). Defining patterns in the longitudinal load on a train equipped with the new conceptual couplers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/7 (104), 33-40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198660>
3. Fomin, O. V., Gorbunov, N. I., & Lovska, A. O. Prospective concept of the draft system of open box-cars. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2016. Вип. 6 (101). Частина 1. С. 76-85.
4. Равлюк В. Г. Дослідження особливостей дуального зносу колодок у гальмовій системі вантажних вагонів. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2019. Вип. 2 (80). С. 111-126. doi: 10.15802/stp2019/166114
5. Ambikaprasad, O., Chaubey, Abhijeet., & Raut, A. (2015). Failure Analysis of Brake Shoe in Indian Railway Wagon. *IPASJ International Journal of Mechanical Engineering*, 3 (10), 37-41.
6. Koptovets, O., Haddad, J. S., Brovko, D., Posunko, L. & Tykhonenko, V. (2020). Identification of the conditions of a mine locomotive brake system as well as its functional and morphological model with the stressed closed kinematic circuit. E3S Web Conf., 201. 01033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101033>
7. Kiss, I., Vasile Cioata V., Alexa, V., & Ratiu, S. (2016). Investigations on the selection of friction materials destined to railway vehicles applications. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara. *International Journal of Engineering*. Vol. XIV. Fascicule 4. pp. 231-240.
8. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Шикунів О. А. Несправності гальмівного обладнання та дефекти колісних пар вантажних вагонів. Вісн. сертифікації залізн. трансп. 2021. № 3 (67). С. 5–15.
9. Мурадян Л. А., Шапошник В. Ю., Винстрот Б. У., Муковоз С. П. Испытания перспективных тормозных колодок на железных дорогах Украины. Локомотив-информ. 2015. № 7/8. С. 20–22.
10. Мазур В. Л., Найдек В. Л., Попов С. С. Порівняння чавунних і композиційних з чавунними вставками гальмових колодок для рухомого складу залізниці. Метал та лиття України. 2021. №2 (29). С. 30-39.
11. Hodges, T. (2012). A life-cycle approach to braking costs. *International Railway Journal*. <http://www.railjournal.com>.
12. Мазур В. Л., Сіренко К. А. Економічні та екологічні аспекти використання гальмових колодок з чавуну чи композиційного матеріалу для залізничного транспорту. Журнал. «Метал та лиття України». 2022. №3 (149). С. 54 - 62.
13. Cruceanu, C. (2007). Brakes for railway vehicles, Matrix Rom Publishing House, Bucharest..
14. Cruceanu, C. (2012). Train Braking, Reliability and Safety in Railway, Intech.
15. Pascu L.V. (2015). Cercetări pri vindim bunătăți reactualității saboți lorde frână destinați materialu luiurulant, University Politehnica Timisoara, doctoral thesis.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

16. Kiss, I., Cioata, V., Alexa, V. & Ratiu, R. (2016). Investigations on the election of friction materials destined to railway vehicles applications, International Conference on Applied Sciences. ICAS 2016. Hunedoara, Romania.
17. Kiss I. (2016). The chemical composition of phosphorous cast irons behavior in the manufacturing of brake shoes meant for the rolling stock, Acta Technica Corviniensis. Bulletin of Engineering, Fascicule 3, 77-84.
18. Равлюк В. Г. Виробничі дослідження гальмових систем і коліс вантажних вагонів. 2-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 27-29 квітня 2021 р. Тези доповідей. Харків: УкрДУЗТ, 2021. С. 164–167.
19. ЦВ-0043 Інструкція оглядачу вагонів: затв. Нак. Укрзалізниці № 737-Ц від 28.12.01. Вид. офіц. К.: 2002. 186 с.
20. СТП 04–010:2018 Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом. Затв. Рішення правління ПАТ «Укрзаліниця» від 05.09.2018. Вид. офіц. К.: 2018. 25 с.
21. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України.: затв. Наказом Укрзалізниці від 28 жовтня 1997 р. № 264-Ц. Київ, 2004. 146 с.
22. СТП 04-028: 2020 Вагони вантажні. Гальмівне обладнання. Протокол № Ц-45/83 Ком. т. засідання правління АТ «Укрзаліниця» від 01.10.20 р. 2020. – 117 с.
23. Vostrikov Ya. A., & Zhatchenko V. M. (2016). Investigation of cast iron for a brakepad II Scientific-technical and economic cooperation of the countries of the Asia-Pacific region in the XXI century, 1, 48-51.
24. СТП 04-001:2015 Колісні пари вантажних вагонів. Правила технічного обслуговування, ремонту та формування. Затв. Нак. Укрзалізниці № 359 Ц 25.04.15. Вид. офіц. К. : 2015. с.138
25. СТП 04–013:2018 Вагони вантажні. Правила атестації. Пункт контрольний автогальм та відділення автоматне. Затв. Рішення правління ПАТ «Укрзаліниця» від 05.09.2018. Вид. офіц. К. 2018. 29 с.
26. Равлюк В. Г. Спрощений кінетостатичний аналіз гальмової важільної передачі візківвантажних вагонів. Зб. наук. пр. Держ. універ. інфраструктури та технол. Серія: Транспортні системи і технології. 2018. № 32. С. 55–70.
27. Равлюк В. Г. Оцінювання факторів утворення дуального фрикційного зносу гальмових колодок. Зб. наук. пр. Держ. універ. інфраструктури та технол. Серія: Транспортні системи і технології. 2018. № 31 (2017). С. 109–126.

A. O. Lovska

Ukrainian State University of Railway Transport
Feuerbakhsq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
Tel.: 066-338-19-46, E-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

V. G. Ravlyuk

Ukrainian State University of Railway Transport
Feuerbakhsq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
Tel.: 095-444-59-74, E-mail: ravvg@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-9482>

RESEARCH OF ABNORMAL WEAR OF BRAKE PADS AND ITS IMPACT ON THE BRAKING EFFICIENCY OF FREIGHT TRAINS

The paper highlights the results of production studies of the nature and parameters of wear of composite brake pads of freight cars in operation. The main negative consequences of the action of pads with abnormal wear from which increase the cost of maintaining rolling stock are determined. During braking modes from the action of abnormally worn pads, high-temperature damage occurs on the rolling surfaces of the wheels, which results in their unscheduled repair by turning, which leads to a decrease

in the "precious" rim resource and an increase in operating costs. Due to the reduction of the useful area of the pads up to 40% as a result of abnormal wear, the calculated brake pressure of the pads on the wheels is reduced by up to 20.3% and the braking efficiency in trains is deteriorated by 20-30%. It is also necessary to replace such abnormally worn pads in freight cars in advance, and the remains of the underused composite rubber compound are taken to landfills, which significantly increases their volumes of such hazardous waste that cannot be disposed of and decompose for thousands of years, polluting the environment.

The procedure for conducting production research to establish abnormal wear of composite brake pads of cars is proposed. It contains the corresponding stages in relation to the sequence of the envisaged operations performed during the inspection of the elements of brake lever transmissions of freight car bogies.

The classification of types and types of wear of composite brake pads is developed and the main causes of their occurrence are established. It is proposed to create prerequisites for determining the stressed state of the elements of lever gears of bogies, which will allow to fully use the resource of composite brake pads for the entire overhaul life of freight cars.

Keywords: freight car, brake shoe, shoe wear, classification of shoe wear, train traffic safety.

REFERENCES

1. Fomin, O. V., Lovska, A. O., & Horbunov, M. I. (2020). Vplyv povzdovzhno-dynamichnykh navantazhen na mitsnist halmovo I vazhilnoi peredachi vizka vahona, obladnanoho novym kontseptom upriazhnogo prystroiu [The effect of longitudinal dynamic loads on the strength of the brake lever transmission of a wagon carriage equipped with a new concept of a harness device]. *Visnyk Skhidno ukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dahl*, 5(261), 67-73. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2020-261-5-67-73>
2. Fomin O., Lovska A., Kovtun O., & Nerubatskyi V. (2020). Defining patterns in the longitudinal load on a train equipped with the new conceptual couplers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/7 (104), 33-40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198660>
3. Fomin, O. V., Gorbunov, N. I., & Lovska, A. (2016). Prospective concept of the draft system of open box cars. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho - Bulletin of Mykhailo Ostrogradskiyi Kremenchuk National University*, 6 (101), 1, 76-85.
4. Ravlyuk, V. G. (2019). Doslidzhennia osoblyvosti dualnoho znosu kolodok u halmovii systemi vantazhnykh vahoniv [Study of the features of dual wear of pads in the brake system of freight cars]. *Visnyk Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazariana - Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Acad. V. Lazaryan*, 2 (80), 111-126. doi: 10.15802 / stp2019 / 166114
5. Ambikaprasad, O., Chaubey, Abhijeet., & Raut A. (2015). Failure Analysis of Brake Shoe in Indian Railway Wagon. *IPASJ International Journal of Mechanical Engineering*, 3 (10), 37-41.
6. Koptovets, O., Haddad, J. S., Brovko, D, Posunko, L. & Tykhonenko, V. (2020). Identification of the conditions of a mine locomotive brake system as well as its functional and morphological model with the stressed closed kinematic circuit. *E3S WebConf.*, 201, 01033, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101033>
7. Kiss, I., Vasile, Cioata., V., Alexa, V., & Ratiu, S. (2016). Investigations on the selection of friction materials destined to railway vehicles applications. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*. Tome XIV.Fascicule 4, 231-240.
8. Muradian, L. A., Shaposhnyk, V. Yu., & Shygunov, O. A. (2021). Nespravnosti halmivnoho obladnannia ta defekty kolisnykh par vantazhnykh vahoniv [Malfunctions of braking equipment and defects of wheel pairs of freight cars]. *Visnyk.sertyfikatsii zaliznoho transportu - Bulletin of certification of railway transport*, 3 (67), 5-15.
9. Muradyan, L. A., Shaposhnik, V. Yu., Vinstrot, B. U., Mukovoz, S. P. (2015). Ispytaniya perspektivnykh tormoznykh kolodok na zheleznykh dorogah Ukrainy [Tests of promising brake pads on Ukrainian railways] *Lokomotiv-inform - 7/8*, 20-22.

10. Mazur, V. L., Naidek, V. L., Popov, Ye.S. (2021). Porivniannia chavunnykh I kompozytsiinykh z chavunnymy vstavkami halmovykh kolodok dlia rukhomoho skladu zaliznytsi [Comparison of cast iron and composite brake pads with cast iron inserts for railway rolling stock]. *Metal ta lyttia Ukrainy - Metal and casting of Ukraine*, 2 (29), 30-39.
11. Hodges, T. (2012). A life-cycle approach to braking costs, *International Railway Journal*, <http://www.railjournal.com>.
12. Mazur, V. L., Sirenko, K. A. (2022). Ekonomichni ta ekolohichni aspekty vykorystannia halmovykh kolodok z chavunu chy kompozytsiinoho materialu dlia zaliznychnoho transportu [Economic and ecological aspects of using brake pads made of cast iron or composite material for railway transport]. *Metal ta lyttia Ukrainy - Metal and casting of Ukraine*, 3 (149), 54 - 62.
13. Cruceanu, C. (2007). Brakes for railway vehicles, Matrix Rom Publishing House, Bucharest.
14. Cruceanu, C. (2012). Train Braking, Reliability and Safety in Railway, Intech.
15. Pascu, L.V. (2015). Cercetări privind îmbunătățirea calității suprafețelor de frână destinate materialului rulant, University Politehnica Timisoara, doctoral thesis.
16. Kiss, I., Cioata, V., Alexa, V. And Ratiu, R. (2016). Investigations on the selection of friction materials destined to railway vehicles applications, *International Conference on Applied Sciences – ICAS 2016*, Hunedoara, Romania.
17. Kiss, I. (2016). The chemical composition of phosphorous cast irons behavior in the manufacturing of brake shoes meant for the rolling stock, *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering, Fascicule 3*, 77-84.
18. Ravlyuk, V. G. (2021). Vyrobnychi doslidzhennia halmovykh system i kolis vantazhnykh vahoniv [Production studies of brake systems and wheels of freight cars]. *Proceedings from II Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Intelektualni transportni tekhnologii» - The 2-nd International Scientific and Technical Conference "Intelligent transport technologies"*. (pp. 164 – 167). Kharkiv: UkrDUZT
19. Instruksia ohliadachu vahoniv [Instructions to the inspector of wagons]. (2002). *TsV-0043*
20. Vahony vantazhni. Systema tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontu za tekhnichnym stanom [Freight cars. Maintenance and repair system according to specification]. (2018). *STP 04 – 010:2018*. Kyiv.
21. Instruksiiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy [Instructions for operating rolling stock brakes on the railways of Ukraine]. (2004). *TsT-TsV-TsL-0015*. Kyiv
22. Vahony vantazhni. Halmivne obladdannia [Freight cars. Braking equipment]. (2020). *STP 04-028*.
23. Vostrikov, Ya. A., Zhatchenko, V. M. (2016). Investigation of cast iron for a brake pad. *II Scientific-technical and economic cooperation of the countries of the Asia-Pacific region in the XXI century*, 1, 48-51.
24. Kolisni pary vantazhnykh vahoniv. Pravyla tekhnichnoho obsluhovuvannia, remontu ta formuvannia [Wheel pairs of freight cars. Rules of maintenance, repair and assembly]. (2018). *STP 04-001:2015*.
25. Vahony vantazhni. Pravyla atestatsii. Punkt kontrolnyi avtoham ta viddilennia avtomatne [Freight cars. Certification rules. Autobrake control point and automatic separation] (2018). *STP 04 – 013:2018*.
26. Ravlyuk, V. G. (2018). Sproshchenyi kinetostatychnyi analiz halmovoi vazhilnoi peredachi vizkiv vantazhnykh vahoniv [Simplified kinetostatic analysis of the brake lever transmission of freight cars bogies]. *Zbirnyk nauk.pr. Derzhavnoho universytetu infrastruktury ta tekhnol. Serii: Transportni systemy i tekhnologii - Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies. Series: Transport systems and technologies*, 32, 55–70.
27. Ravlyuk, V. G. (2018). Otsiniuvannia faktoriv utvorennia dualnogo fryktsiinoho znosu halmovykh kolodok [Evaluation of the factors of formation of dual frictional wear of brake pads]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho Universytetu Infrastruktury ta Tekhnologii. Serii: Transportni systemy i tekhnologii - Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies. Series: Transport Systems and Technologies*, 31 (2017), 109–126.

Ю. Є. Калабухін

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-47, E-mail: kalabuxin-fet@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

І. Е. Мартинов

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

А. В. Труфанова

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

С. І. Мартинов

Український державний університет залізничного транспорту
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна
Телефон: +38 (050) 303 9850, E-mail: st.mrtmv@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-7802>

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВНУТРІШНЬОГО ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Стаття присвячена аналізу технічного стану внутрішнього обладнання пасажирських вагонів регіональної філії "Південна залізниця" АТ «Укрзалізниця». Безпека руху при пасажирських перевезеннях залежить головним чином від стану металоконструкцій як ходових частин, так рами і кузова пасажирського вагону. Але переважна більшість вітчизняних пасажирських вагонів будувалися ще у 70-80 роки минулого сторіччя на вагонобудівних заводах Німеччини та СРСР і практично вичерпала свій ресурс. Відповідно дослідження, що проводились фахівцями в цьому напрямку, головним чином були спрямовані на визначення остаточного ресурсу металоконструкцій та забезпеченні можливості продовження терміну служби несучих елементів пасажирських вагонів. Питання аналізу стану внутрішнього обладнання вагонів, рівня його екологічної безпеки, відповідності систем забезпечення комфорту сучасним вимогам Європейського Союзу завжди залишалась поза увагою дослідників.

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

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Системи життєзабезпечення та підтримання комфортних умов у пасажирських вагонах, що проектувалися у 60-70 роки минулого століття, вже давно не відповідають вимогам сучасності. В умовах тотального дефіциту коштів пасажирське господарство не спроможне забезпечити підтримання зазначених систем у працездатному стані, що викликає справедливі нарікання пасажирів.

Планування ремонтно-відновлювальних робіт під час технічного обслуговування, визначення необхідної кількості запасних частин та обладнання для відновлення працездатності під час підготовки вагону до рейсу, розрахунок трудомісткості відновлення працездатності відбувається за деякими узагальненими пересічними показниками. Відсутність достовірної інформації про фактичний рівень зносу та пошкоджуваності систем життєзабезпечення призводить до необґрунтованих перевитрат матеріальних ресурсів.

Робота вагонних дільниць, призначенням яких є саме якісна підготовка поїздів у рейс, повинна базуватися на науковому підґрунті, спиратися на реальну інформацію щодо рівня надійності елементів внутрішнього обладнання та систем життєзабезпечення. Це дозволить планувати ремонтно-відновлювальні роботи під час технічного обслуговування та визначати необхідну кількість запасних частин та обладнання для відновлення працездатності під час підготовки вагону до рейсу.

Отримані результати дослідження у подальшому будуть використані для оптимізації системи ремонту та підготовки в рейс пасажирських вагонів, визначення раціональних строків проведення технічного обслуговування та трудомісткості ремонтних робіт.

Ключові слова: пасажирський вагон, ушкодження, внутрішнє обладнання, системи життєзабезпечення, технічне обслуговування, ремонт.

Ю. Е. Калабухин

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +38 (057) 730-10-47, 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: +38 (057) 730-10-36, 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: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

С. И. Мартынов

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050, Украина
Телефон: +380 50 303 9850, E-mail: st.mrtnv@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-7802>

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВНУТРЕННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПАСАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Статья посвящена анализу технического состояния внутреннего оборудования пассажирских вагонов регионального филиала "Южная железная дорога" АО "Укрзалізниця". Безопасность движения при пассажирских перевозках зависит главным образом от состояния металлоконструкций как ходовых частей, так и кузова пассажирского вагона. Но подавляющее большинство отечественных пассажирских вагонов строилось еще в 70-80 годы прошлого столетия на вагоностроительных заводах Германии и СССР и практически исчерпало свой ресурс. Соответственно исследования, проводимые специалистами в этом направлении, были направлены главным образом на определение остаточного ресурса металлоконструкций и обеспечении возможности продления срока службы пассажирских вагонов. Вопрос анализа состояния внутреннего оборудования вагонов, уровня его экологической безопасности, соответствия систем обеспечения комфорта современным требованиям Европейского Союза всегда оставался без внимания исследователей.

Системы жизнеобеспечения и поддержания комфортных условий в пассажирских вагонах, проектировавшихся в 60-70-е годы прошлого века, уже давно не отвечают требованиям современности. В условиях тотального дефицита средств пассажирское хозяйство не может обеспечить поддержание указанных систем в трудоспособном состоянии, что вызывает справедливые нарекания пассажиров.

Планирование ремонтно-восстановительных работ при техническом обслуживании, определение необходимого количества запасных частей и оборудования для восстановления работоспособности при подготовке вагона к рейсу, расчет трудоемкости восстановления работоспособности происходит по некоторым обобщенным рядовым показателям. Отсутствие достоверной информации о фактическом уровне износа и повреждаемости систем жизнеобеспечения приводит к необоснованным перерасходам материальных ресурсов.

Работа вагонных участков, назначением которых является качественная подготовка поездов в рейс, должна базироваться на научной основе, опираться на реальную информацию относительно уровня надежности элементов внутреннего оборудования и систем жизнеобеспечения. Это позволит планировать ремонтно-восстановительные работы во время технического обслуживания и определять необходимое количество запасных частей и оборудования для восстановления работоспособности при подготовке вагона к рейсу.

Полученные результаты исследования будут использованы для оптимизации системы ремонта и подготовки в рейс пассажирских вагонов, определения рациональных сроков проведения технического обслуживания и трудоемкости ремонтных работ.

Ключевые слова: пассажирский вагон, повреждение, внутреннее оборудование, системы жизнеобеспечения, техническое обслуживание, ремонт.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вступ. Залізничний транспорт завжди був і нині залишається важливою складовою частиною транспортного комплексу України. За обсягом пасажирообороту залізничний транспорт складає основу транспортної системи країни, виконуючи понад 40 % загальної величини пасажиро-кілометрів. В той же час в країнах Європейського Союзу, де переважна більшість пасажирів прямує автомобільним та авіаційним транспортом, частка залізниць не перевищує 10 % за пасажирообігом.

Хоч кількість пасажирів залізниць складає лише 5-6 % від загального числа перевезених пасажирів, що на перший погляд являє собою досить незначний рівень, але з урахуванням середньої дальності поїздки пасажирів, значимість залізниць істотно підсилюється. Інколи залізниця є єдиним транспортним засобом, який забезпечує надійний транспортний зв'язок між населеними пунктами країни.

Але на жаль, частка залізничного транспорту на ринку пасажирських перевезень останніми роками має тенденцію до скороченню. Однією з причин є значний знос основних виробничих фондів. Переважна більшість інвентарного парку пасажирських вагонів власності філії "Пасажирська компанія" вже відпрацювала свій ресурс, оскільки ці вагони в основному були збудовані ще у другій половині ХХ століття. Відповідно застарілі вагони не дозволяють збільшувати швидкість руху. Не останню роль має невисока якість обслуговування пасажирів. Але вона залежить не лише від людського чинника. Системи життєзабезпечення та підтримання комфортних умов у пасажирських вагонах, що проектувалися у 60-70 роки минулого століття, вже давно не відповідають вимогам сучасності. В умовах тотального дефіциту коштів пасажирське господарство не завжди спроможне забезпечити підтримання навіть застарілих зазначених систем у працездатному стані, що викликає справедливі нарікання пасажирів.

Робота вагонних дільниць, призначенням яких є саме якісна підготовка поїздів у рейс, повинна базуватися на науковому підґрунті, спиратися на реальну інформацію щодо рівня надійності елементів внутрішнього обладнання та систем життєзабезпечення. Це дозволить планувати обсяги ремонтно-відновлювальних робіт під час технічного обслуговування та визначати необхідну кількість запасних частин та обладнання для відновлення працездатності під час підготовки вагону до рейсу.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Вивченню проблем та пошуку шляхів забезпечення розвитку підприємств пасажирського господарства залізничного транспорту, проблемам реструктуризації підприємств пасажирського комплексу присвячена значна кількість досліджень як науковців, так і фахівців залізничного транспорту. В статтях проф. В. М. Самсонкіна [1, 2] наведені основні результати фундаментальних досліджень, присвячених удосконаленню роботи пасажирського комплексу у ринкових умовах. Ці ж питання піднімаються у дослідженнях [3, 4]. Автори констатують, що збитки пасажирської сфери не дають можливості АТ «Укрзалізниця» здійснити капіталовкладення для придбання необхідної кількості пасажирських вагонів нового покоління та проведення модернізації інфраструктури, а власних коштів АТ Укрзалізниця недостатньо для підвищення ефективності пасажирських перевезень і необхідно залучення зовнішніх інвестиційних програм.

Фахівцями ДНУЗТ ім. ак. В. Лазаряна в роботах [5, 6] проаналізовано стан парку пасажирських вагонів. Вони приходять до висновку, що стан пасажирського рухомого складу підійшов до критичної межі та потребує негайного оновлення. Це обумовлено тим, що переважна кількість пасажирських вагонів робочого парку вже вичерпала свій нормативний строк експлуатації, адже вони були побудовані ще у

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

1965-1991. У статтях [7, 8] подано результати статистичного аналізу величин зносів та пошкоджень металоконструкцій рами та кузова пасажирських вагонів різних років побудови, що відпрацювали свій термін служби, та розроблені відповідні рекомендації подальшого відновлення їх працездатності. Аналіз результатів проведення капітально-відновлювальних ремонтів пасажирських вагонів локомотивної тяги в Україні подано в дослідженні [9]. Автори приходять до висновку, що у складних економічних умовах капітально-відновлювальний ремонт пасажирських вагонів з продовженням терміну експлуатації є цілком розумною альтернативою придбання вагонів нової побудови для забезпечення залізниць України пасажирськими вагонами сучасного рівня безпеки та комфорту. У статті [10] обґрунтовані оптимальні варіанти подовження життєвого циклу пасажирських вагонів та місця їх проведення (депо або завод).

У дослідженнях [11-13] розглядаються питання удосконалення системи ремонту пасажирських вагонів після продовження терміну їх експлуатації. Запропоновано декілька варіантів подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів.

Необхідно зазначити, що кількість досліджень, присвячених підвищенню ефективності функціонування систем підтримання комфорту, досить незначна. Спрямовані ці дослідження головним чином на модернізацію системи електропостачання або кондиціонування повітря [14-16]. Окремо необхідно виділити статтю [17]. Автором для моделювання процесів теплообміну в пасажирських вагонах був використаний метод скінчених елементів. Досліджуючи теплоізоляційні властивості кузова вагона і зокрема віконного блоку, за допомогою метода скінчених елементів вдалося виявити зони конструкції, у яких спостерігається найбільша втрата тепла. Завдяки цьому методу є можливість моделювати теплопередачі не тільки для віконного блоку, але і для усього купе чи вагону в цілому.

В той же час практично відсутні дослідження, присвячені аналізу стану внутрішнього обладнання пасажирських вагонів.

Мета дослідження. Метою роботи є проведення аналізу технічного стану експлуатаційного парку пасажирських вагонів Харківської вагонної дільниці за результатами натурного обстеження.

Матеріали та методи дослідження. Збір та аналіз пошкоджень вагонів виконувався за період з жовтня 2017 р. по травень 2019 р. Обстеженню підлягали жорстко-купейні вагони та вагони відкритого типу (так звані "плацкартні" вагони). Всього було проведено обстеження 430 пасажирських вагонів.

Обладнання пасажирських вагонів умовно було поділені на такі групи:

- система водопостачання;
- кузов;
- холодильне обладнання;
- система опалення;
- автогальмове обладнання;
- внутрішнє обладнання;
- підвагонне обладнання;
- акумуляторна батарея;
- рама;
- генератор;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- електричне обладнання;
- тамбур;
- візок;
- колісна пара;
- санітарний вузол;
- сантехнічне обладнання;
- інше обладнання.

Цей розподіл досить умовний, але він дає наочну картину розподілення пошкоджень обладнання пасажирських вагонів, які необхідно усунути під час підготовки вагону до рейсу.

За понад 1,5 роки експлуатації на всіх оглянутих пасажирських вагонах було виявлено майже 90 тисяч відмов та пошкоджень. Загальний розподіл відмов та пошкоджень подано на рис. 1.

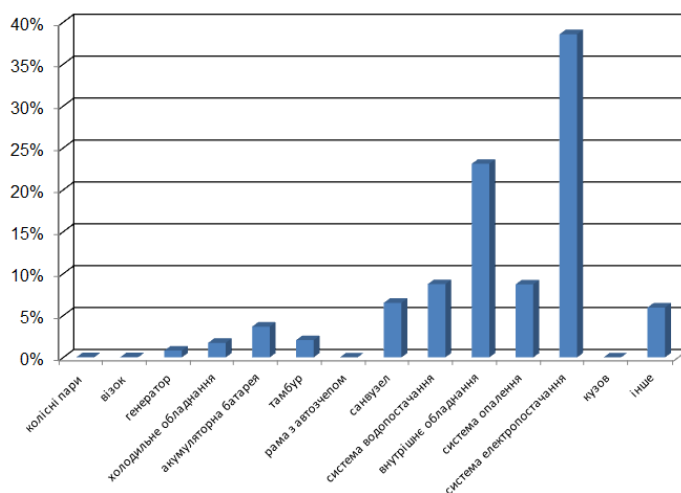


Рис. 1. Розподіл відмов та пошкоджень пасажирського вагона

Очевидно, що переважна більшість пошкоджень пов'язана з роботою електричного обладнання пасажирських вагонів (майже 40%). Далі розташовуються пошкодження внутрішнього обладнання, а також дефекти систем опалення та водопостачання.

Але треба зазначити, що не всі перелічені пошкодження однаково впливають на надійність роботи пасажирського вагону. Згідно визначенням класичної теорії надійності необхідно розрізняти відмови та пошкодження. Відмова будь-якого вузла являє собою подію, що полягає у втраті працездатності. Тому з точки зору забезпечення безпеки руху до втрати працездатності вагоном можуть привести відмови та пошкодження рам і кузовів, автогальмового обладнання, ходових частин. Але це є предметом окремих досліджень, які в цій роботі не розглядалися.

Переважна більшість відмов впливає на ефективність роботи систем життєзабезпечення та впливає на рівень комфорту, що надається пасажиром. Від них зале-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

жити трудомісткість відновлення працездатності та необхідна кількість запасних частин.

Аналіз відмов системи опалення свідчить, що найчастіше відмовляють трубчасті нагрівальні елементи (майже 30 % від загальної кількості). Несправності насосів – 17,28 %. Несправності електронагрівачів, калориферів та печей опалення складають 10,08 % (рис. 2). Відмови циркуляційних насосів відповідно – 14,48 %.

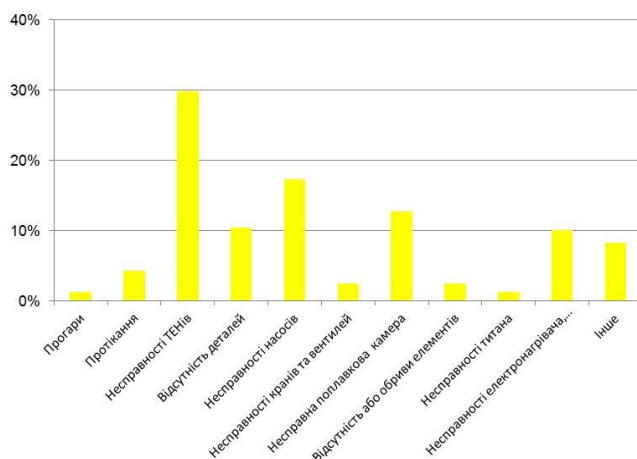


Рис. 2. Розподіл відмов системи опалення пасажирського вагона

На рис. 3 наведено розподіл відмов та пошкоджень системи опалення за місяцями календарного року. Очевидно, що він має яскраво виражений синусоїдальний характер, досягаючи максимальних значень у зимові місяці (особливо у січні).

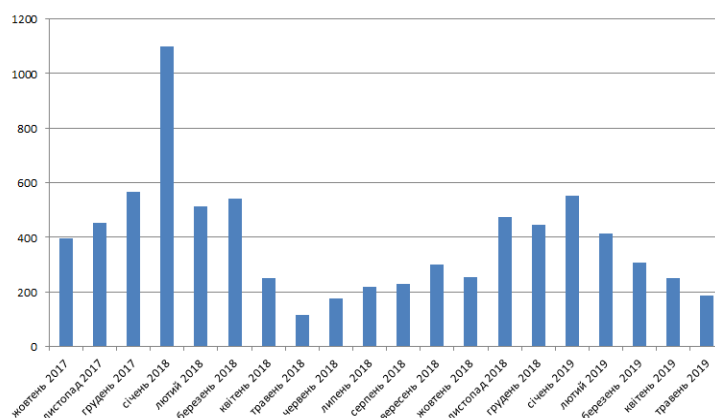


Рис. 3. Розподіл відмов системи опалення пасажирського вагона

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Слід зазначити, що така тенденція зберігається майже для всіх видів пошкоджень: саме січень є найбільш небезпечним місяцем.

В системі водопостачання за період обстеження отримано майже 8000 пошкоджень різного ступеня важкості.

Їх розподіл наведено на рис. 4. Майже 70 % – це протікання в різних елементах системи. Особливо це стосується зливного механізму. Також дуже часто відмовляють поплавкова камера та умивальні крани.

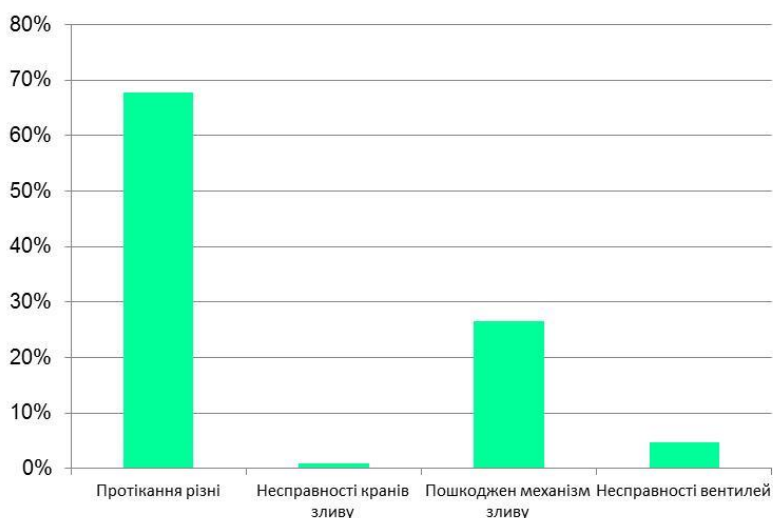


Рис. 4. Розподіл пошкоджень системи водопостачання

Складовою частиною системи водопостачання є санітарний вузол. Їх розподіл наведено на рис. 5. Переважають несправності кранів – майже 34 %. Далі – несправності вакуумного туалету (28,53 %) та несправності унітазу (25,47 %).

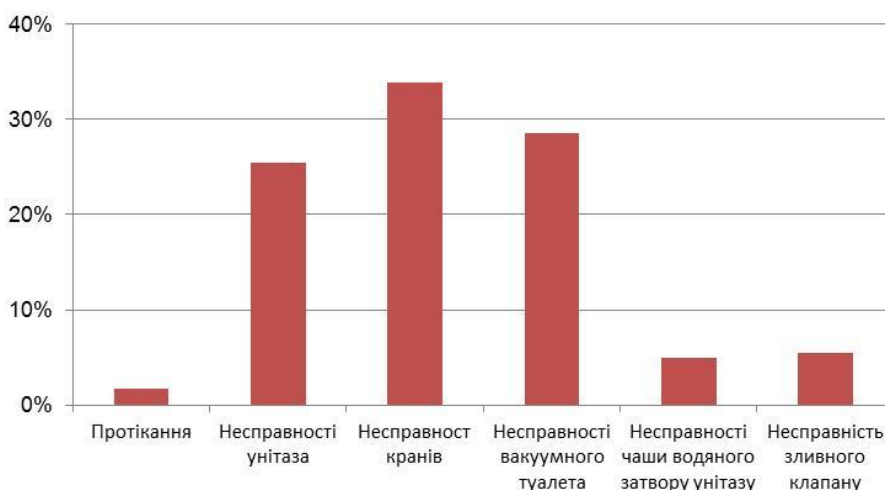


Рис. 5. Розподіл пошкоджень обладнання санвузлів

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Загальна кількість відмов у системі охолодження – 1226. Їх розподіл наведено на рис. 6. Майже 50 % – це відмови компресора. Значна кількість відмов системи охолодження пов'язана з відсутністю або витокami холодильного агенту.

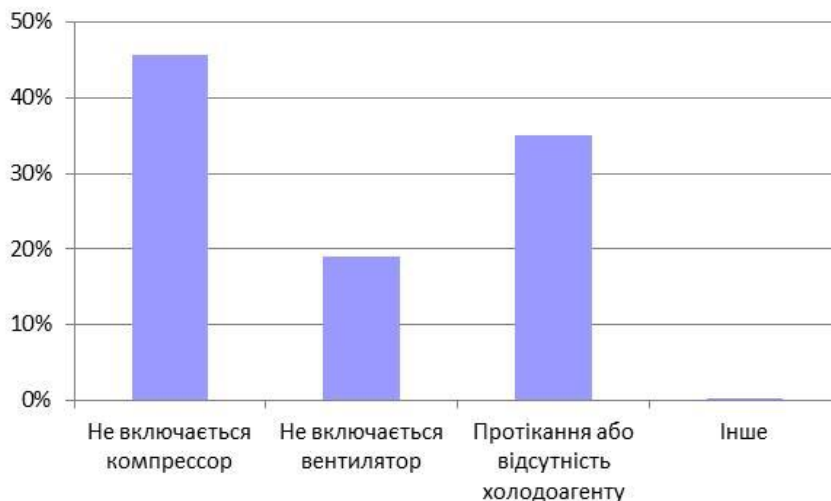


Рис. 6. Розподіл пошкоджень системи охолодження

Серед електричного обладнання (без генератора та акумуляторних батарей) переважає несправність пожежної сигналізації – майже 40,4 %. Відсутність можливості включити силовий ланцюг мотор-генератора – 19,94 %. Далі йдуть неможливість включити прилади – 38,56 % та несправності перетворювача – 8,97 % (рис. 7).

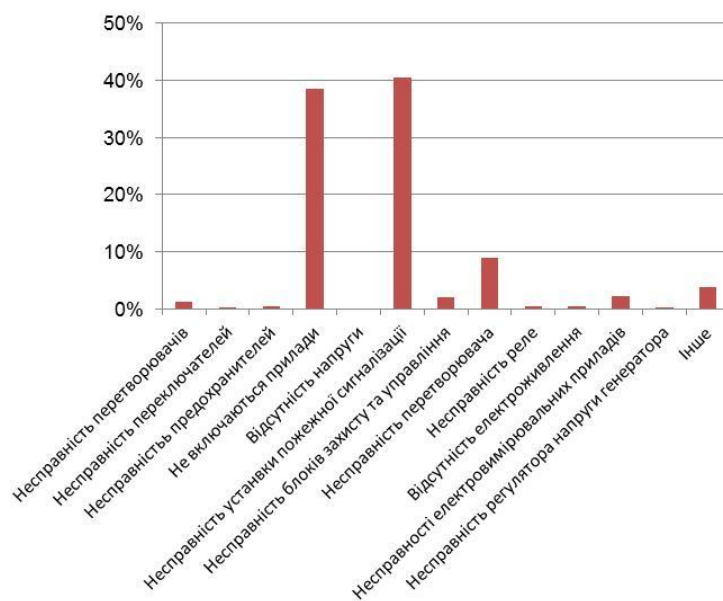


Рис. 7. Розподіл пошкоджень системи електропостачання

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Стосовно відмов генераторів переважає відсутність можливості збудження генератора – майже 71 %. Відсутність можливості включити силовий ланцюг мотор-генератора –19,94 %.

Розподіл відмов акумуляторних батарей наведено на рис. 8.

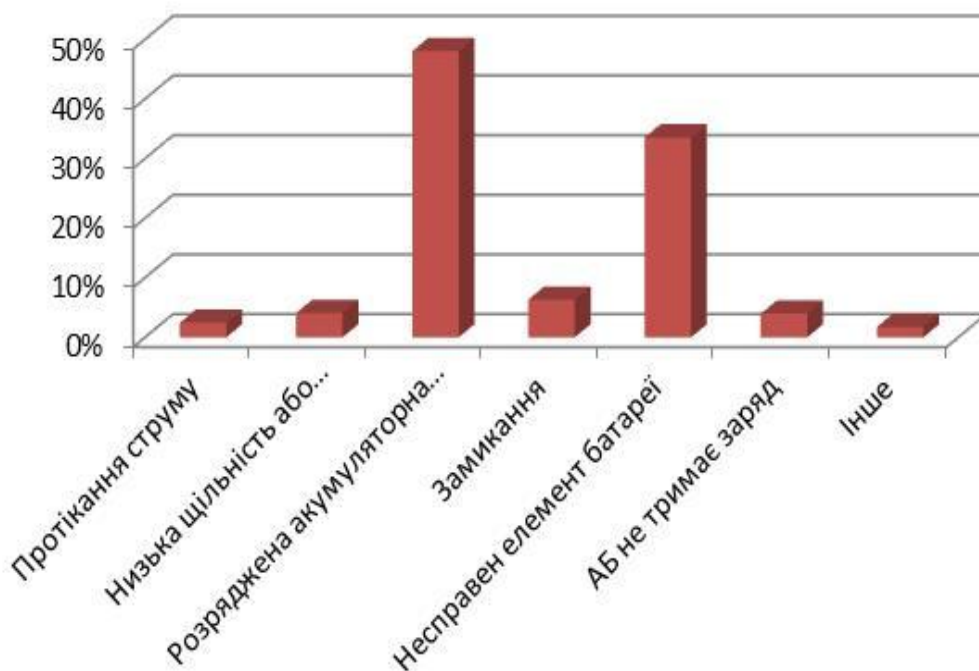


Рис. 8. Розподіл пошкоджень акумуляторних батарей

До інших пошкоджень можна віднести протікання даху (248 випадків), пошкодження стоп-крану (4 випадки), несправність електричних розеток (5531 випадок) та світильників (317 випадків), несправність або розобладнання високовольтного ящика або магістралі (122 та 221 випадки відповідно), несправності штепсельних високовольтних з'єднань (251 випадок), відсутність карданного валу (92 випадки), спрацювання упорного кута (5 випадків). Стосовно обладнання тамбурів необхідно відмітити, що переважає несправності відкидної площадки (94 %) та відкидної підніжки (3,21 %).

Створення бази даних про відмови та пошкодження внутрішнього обладнання пасажирських вагонів дало можливість наочно оцінити технічний стан кожного з оглянутих вагонів, побачити динаміку поведінки всіх систем забезпечення життєдіяльності вагона в процесі експлуатації по кожному рейсу (рис. 9). Це також дозволило визначитися з найбільш проблемними вагонами (тобто з тими, що потребують найбільшого втручання обслуговуючого персоналу під час підготовки вагона до рейсу), встановити періоди експлуатації, які потребують більшої уваги до підготовки вагонів, отримати уявлення про надійність роботи різних систем та обладнання, а також визначитися з необхідною кількістю матеріальних та трудових

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ресурсів для відновлення працездатності пасажирського вагону. Тобто отримані результати дають підґрунтя для прийняття адміністрацією Пасажирської компанії організаційно-технічних рішень щодо відновлення працездатності вагонів.

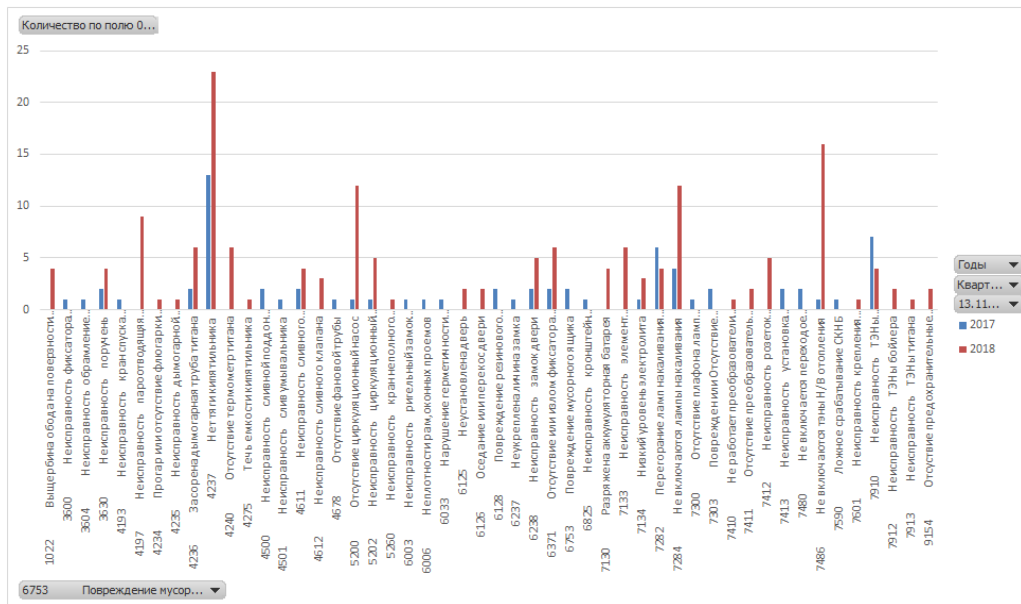


Рис. 9. Розподіл пошкоджень вагону № 12269 протягом 2017-2018 рр.

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.

Інтенсивний знос внутрішнього устаткування вагонів призводить до погіршення комфортності пасажирів, збільшення простою вагону з метою проведення ремонтних робіт а також зниження пасажирообігу. Необхідно розробити комплексний підхід управління індивідуальним ресурсом вагонів в експлуатації шляхом проведення модернізації, реконструкції та модифікація яких дозволить обґрунтувати термін їх корисного використання.

Результати проведеного аналізу в подальшому будуть ураховані при розробці математичної моделі технічного обслуговування пасажирських вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

- Самсонкін В. М. Про підвищення ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті. Залізничний трансп. України. 2004. № 1. С. 43-45.
- Самсонкін В. М., Гудков О. М. Основи реорганізації пасажирського комплексу залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2009. № 25. С. 78-81.
- Петренко О. О. Пасажирські залізничні перевезення в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. Причорноморські економічні студії. 2016. Вип. 10. С. 47-52.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

4. Сич Є. М. Пасажирський комплекс залізничного транспорту: розвиток і ефективність: монографія / Є. М. Сич, В. П. Гудкова. К.: Вид-во «Аспект – Поліграф», 2004. 248 с.
5. Божок Н. О., Булгакова Ю. В., Пуларія А. Л. Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів. Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2014. Вип. 8. С. 78-87.
6. Лобойко Л. М., Бараш Ю. С. Стан вагонного парку та вагоноремонтної бази в Україні. Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2007. Вип. 19. С. 176-182.
7. 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.
8. Шикунів О. А., Рейдемейстер О. Г., Анофрієв В. Г. Дослідження граничного стану пасажирських вагонів. Вагонний парк. 2012. № 12. С. 4-6.
9. Єшов Ю.В., Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Речкалов В.С. Капітально-відновлювальний ремонт пасажирських вагонів локомотивної тяги як засіб забезпечення залізниць рейковим рухомих складом. Збірник наукових праць "Рейковий рухомий склад". 2018. Вип. 17. С. 51-61.
10. Бараш Ю.С. Стратегія раціонального оновлення пасажирського вагонного парку в умовах дефіциту інвестицій. Вісник ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна. 2006. Вип. 10. С. 130-140.
11. Мямлін С.В., Рейдемейстер О.Г., Калашник В.О. Науково-технічне обслуговування продовження терміну експлуатації пасажирських вагонів після КВР. Вагонний парк. 2015. № 11-12 (104-105). С. 4-7.
12. Лобойко Л. М., Бараш Ю. С., Карась О. О. Оцінка варіантів подовження терміну служби пасажирських вагонів. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2008. № 20. С. 240-245
13. Остапюк Б. Я. Подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2004. Вип. 4. С. 165-173.
14. Бурдасов Б. К., Нестеров С. А. Системы электроснабжения и преобразователи пассажирских вагонов. Вагонный парк. 2012. № 6. С. 33-39.
15. Проблемы и перспективы пассажирского вагоностроения в Украине / Л. М. Лобойко // Залізничний транспорт України. 2006. № 3. С. 3-9.
16. Дуганов О. Г., Вислогузов В. Т., Кебал Ю. В., Фурманова А. В., Хоменко І. Ю., Шаповал А. В., Распопін В. Р., Речкалов С. Д. Попередні випробування систем життєзабезпечення пасажирського плацкартного вагона, дообладнаного системою кондиціонування. Інтеграція України в міжнародну транспортну систему (21.05-22.05.2009): тез. І міжнарод.науч.-практ. конф. Мин-во транспорта и связи Украины, Днепрпетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. Д.: ДНУЖТ, 2009. С. 22-23.
17. Назаренко К. В. Применение метода конечных элементов для моделирования теплообменных процессов в пассажирских вагонах. Вагонный парк. 2010. № 9. С. 31-33.

Yu. Ye. Kalabukhin

Ukrainian State University of Railway Transport
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (057) 730-10-47, E-mail: kalabuxin-fet@ukr.net
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3693-7607>

I. E. Martynov

Ukrainian State University of Railway Transpo
Feiirbakha Sq., 7, Kharkiv, 61050, Ukraine
tel: +38 (057) 730-10-36, E-mail: martinov.hiit@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0481-3514>

A. V. Trufanova

Ukrainian State University of Railway Transport

tel: +38 (057) 730-10-35, E-mail: trufanova@kart.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1702-1054>

S. I. Martynov

Ukrainian State University of Railway Transport

tel: +380 50 303 9850, E-mail: st.mrtvn@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-7802>

ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE INTERIOR EQUIPMENT 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.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Key words: passenger car, life cycle, operating costs, maintenance, depot repair, overhaul.

REFERENCES

1. Samsonkin, V. M. (2004) Pro pidvyshennia efektyvnosti pasazhurskikh vagoniv na zaliznychnomy transporti. [On increasing the efficiency of passenger transportation on railway transport]. *Zaliznychnyy transport Ukrayiny – Railway transport of Ukraine*, 1, 43-45 [in Ukrainian].
2. Samsonkin, V. M., & Hudkov, O. M. (2009) Osnovy reorhanizatsii pasazhyrskoho kompleksu zaliznychnoho transportu. [Fundamentals of reorganization of the passenger complex of railway transport]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – Bulletin of the Transport and Industry Economy*, 25, 78-81. [in Ukrainian].
3. Petrenko, O. O. (2016) Pasazhyrski zaliznychni perevezennia v Ukraini: suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku. [Passenger railway transportation in Ukraine: current state and development prospects.]. *Prychornomorski ekonomichni studiyi – Black Sea economic studies*, 10, 47-52 [in Ukrainian].
4. Sych, Ye. M., & Hudkova, V. P. (2004) Pasazhyrskyi kompleks zaliznychnoho transportu: rozvytok i efektyvnist [Passenger complex of railroad transport: development and efficiency]. Kyiv: «Aspekt – Polihraf [in Ukrainian].
5. Bozhok, N. O., Bulhakova, Yu. V., & Pulariya, A. L. (2014) Doslidzhennya suchasnoho stanu parku pasazhyr'skykh vahoniv. [Research of the current state of the passenger car fleet.]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana "Problemy ekonomiky transportu" – Collection of scientific works of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan "Problems of transport economy"*, 8, 78-87. [in Ukrainian].
6. Lobyko, 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] *Zbirnyk naukovykh prats' Dnipropetrovskoho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana "Problemy ekonomiky transportu" – Collection of scientific works of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan "Problems of transport economy"*, 19, 176-182.
7. Martynov, I. E., Trufanova A. V., Pavlenko Yu. S., & Sergienko M. O. (2018) Analiz tekhnichnoho stanu kuzoviv pasazhyr'skykh vahoniv [Analysis of the technical condition of the bodies of passenger cars]. *Visnyk Natsionalnoho 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].
8. Shykunov, O. A., Reydeymeyster O. H., & Anofriiev V. H. (2012). Doslidzhennya hranychnoho stanu pasazhyr'skykh vahoniv [Research of the limit state of passenger cars]. *Vahonnyy park – Car park*, 12, 4-6 [in Ukrainian].
9. Barash, Yu. S. (2006) Stratehiya ratsional'noho onovlennya pasazhyr'skoho 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 Dnipropetrovskoho 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].
10. Yezhov, Yu.V., Pavlenko, Yu.S., Voytenko, O.I., & Rechkalov, V.S. (2018) Kapital'no-vidnovlyuval'nyy remont pasazhyr'skykh vahoniv lokomotyvnoyi tyahy yak zasib zabezpechennya zaliznyts' reykovym rukhomym skladom [Overhaul of locomotive traction passenger cars as a means of providing railways with rolling stock] *Zbirnyk naukovykh prats "Reikovi rukhomyi sklad" - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock"*, 17, 51-61. [in Ukrainian].
11. Myamlin, S.V., Reydeymeyster, O.H., & Kalashnyk, V.O. (2015) Naukovo-tekhnichne obsluhovuvannya prodovzhennya terminu ekspluatatsiyi pasazhyr'skykh vahoniv pislya KVR [Scientific and technical maintenance of the extension of the service life of passenger cars after KVR]. *Vahonnyy park – Car park*, 11-12, 4-7 [in Ukrainian].
12. Lobyko, L. M., Barash, YU. S., & Karas, O. O. (2008) Otsinka variantiv podovzhennya terminu sluzhby pasazhyr'skykh vahoniv [Evaluation of options for extending the service life of passenger cars] // *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana - Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Academician V. Lazaryan., 240-245 [in Ukrainian].

13. Ostapyuk, B. Ya. (2004). Podovzhennya terminu ekspluatatsiyi pasazhyrskikh vagoniv. [Extending the service life of passenger cars] Подовження терміну експлуатації пасажирських вагонів. *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. Lazarian*, 4. 165-173 [in Ukrainian].

14. Burdasov, B. K. & Nesterov, S.A. (2012) Sistemy elektrosnabzheniya i preobrazovateli passazhirskikh vagonov [Power supply systems and converters for passenger cars]. *Vahonnyy park – Car park*, 9, 33-39 [in Russian].

15. Loboyko, L. M. (2006) Problemy i perspektivy pasazhirskogo vagonostroyeniya v Ukraine [15. Problems and prospects of passenger train construction in Ukraine]. *Zaliznychnyy transport Ukrayiny – Railway transport of Ukraine*, 3, 3-9.

16. Duhanov, O. H., Vyslohuzov, V. T., Kebal, Yu. V., Furmanova, A. V., Khomenko, I. Yu., & Shapoval, O. V. (2009) Poperedni vyprobuvannya system zhytlyezabezpechennya pasazhyrskoho platskartnoho vahona, doobladnanno systemoyu kondytsionuvannya. [Preliminary tests of life support systems of a passenger first-class car equipped with an air conditioning system]. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Integration of Ukraine into the international transport system» Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Integratsiya Ukrainy v mezhdunarodnuyu transportnyu systemu» – Ministerstvo transporta i komunikatsiy Ukrainy, Dnepropetrovsk. natsional'nyy universitet putey soobshcheniya transp. imeni akademika. V. Lazaryana. – DNUZHT, 22-23 [in Ukrainian].

17. Nazarenko, K. V. (2010) Primeneniye metoda konechnykh elementov dlya modelirovaniya teploobmennyykh protsessov v passazhirskikh vagonakh [Application of the finite element method for modeling heat exchange processes in passenger cars]. *Vahonnyy park - Car park*, 9, 31-33 [in Russian].

О.В. Орлов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

А.О. Сулим

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

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

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ ДОВГОБАЗНИХ ВАГОНІВ-ПЛАТФОРМ

В цій статті проаналізовано результати досліджень науковців останнього періоду в напрямку підвищення міцносних якостей довгобазних вагонів-платформ. З'ясовано, що питання комплексного аналізу визначення втомної міцності довгобазних вагонів-платформ різними методами, які ґрунтуються на проведенні експериментальних досліджень, в зазначених дослідженнях не розглядалось. Тому, в роботі запропоновано зосередитись на цьому актуальному питанні.

Встановлено місце зародження та розвитку тріщини в рамі довгобазного вагона-платформи за результатами проведення ресурсних циклічних випробувань на втому. Визначено коефіцієнт запасу опору втоми конструкції рами довгобазного вагона-платформи за результатами різних методів оцінки: експериментально-розрахунковим методом з використанням даних статичних випробувань, ходових міцносних випробувань, ресурсних циклічних випробувань на втому (для двох випадків експлуатаційного навантаження - за результатами ходових міцносних випробувань та за результатами скидання з клинів). Доведено необхідність застосування комплексного підходу під час оцінки такого важливого показника як коефіцієнт запасу опору втоми довгобазного вагон-платформи через розбіжність даних, отриманих різними експериментально-розрахунковими методами. Підтверджено необхідність експериментального обґрунтування конструктивних рішень рами довгобазних вагонів-платформ та оцінки точності теоретичних розрахунків шляхом проведення ресурсних циклічних випробувань на втому. Подальші дослідження необхідно зосередити на удосконаленні існуючих та розробленні нових методів оцінки опору втоми рам довгобазних вагонів-платформ як на стадії проектування, так і на стадії обробки даних експериментальних досліджень.

© Орлов О.В., Сулим А.О., 2022

Ключові слова: довгобазний вагон-платформа, коефіцієнт запасу опору втомки, метод оцінки, ресурсні циклічні випробування, ходові міцносні випробування.

О.В. Орлов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

А.А. Сулим

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com

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

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛИННОБАЗНЫХ ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМ

В этой статье проанализированы результаты исследований ученых последнего периода в направлении повышения прочностных качеств длиннобазных вагонов-платформ. Выяснено, что вопрос комплексного анализа определения усталостной прочности длиннобазных вагонов-платформ различными методами, основанными на проведении экспериментальных исследований, в указанных исследованиях не рассматривался. Поэтому в работе предложено сосредоточиться на этом актуальном вопросе.

Установлено место зарождения и развития трещины в раме длиннобазного вагона-платформы по результатам проведения ресурсных циклических испытаний на усталость. Определен коэффициент запаса сопротивления усталости конструкции рамы длиннобазного вагона-платформы по результатам различных методов оценки: экспериментально-расчетным методом с использованием данных статических испытаний, ходовых прочностных испытаний, ресурсных циклических испытаний на усталость (для двух случаев эксплуатационной нагрузки - по результатам ходовых прочностных и по результатам сброса с клиньев). Доказана необходимость применения комплексного подхода при оценке такого важного показателя как коэффициент запаса сопротивления усталости длиннобазного вагона-платформы из-за расхождения данных, полученных разными экспериментально-расчетными методами. Подтверждена необходимость экспериментального обоснования конструктивных решений рамы длиннобазных вагонов-платформ и оценки точности теоретических расчетов путем проведения ресурсных циклических испытаний на усталость. Дальнейшие исследования необходимо сосредоточить на усовершенствовании существующих и разработке новых методов оценки сопротивления усталости рам длиннобазных вагонов-платформ как на стадии проектирования, так и на

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

стадії обробки даних експериментальних досліджень.

Ключевые слова: *длиннобазный вагон-платформа, коэффициент запаса сопротивления усталости, метод оценки, ресурсные циклические испытания, ходовые прочностные испытания.*

Вступ. На цей час розроблено та введено в експлуатацію достатню кількість нових та модифікованих моделей довгобазних вагонів-платформ, основною відмінністю яких є збільшена довжина по осям автозчепів (не менше 25 м) та збільшена до 20 м база. Основною особливістю довгобазних вагонів-платформ є можливість одночасного перевезення двох 40-футових контейнерів або чотирьох 20-футових контейнерів або будь-яких допустимих комбінацій 40- і 20-футових контейнерів.

Постановка проблеми. Конструкції даних вагонів проектувались, розраховувались у відповідності до діючих нормативних документів [1–4]. За результатами експериментальних досліджень та експлуатації довгобазних вагонів-платформ було виявлено цілу низку істотних недоліків у їх конструкції, пов'язаних з недостатньою міцністю рами. У ході випробувань довгобазних вагонів-платформ встановлено, що руйнування відбувалися в основному в зоні зварних швів, що є концентраторами напружень, або в металі, через відсутність оптимальної форми сполучення несучих елементів [5]. Факт наявності втомних тріщин ставить під сумнів можливість стандартних розрахункових методів оцінки опору втомі довгобазних вагонів-платформ та вимагає експериментального підтвердження конструктивно закладених параметрів міцності в умовах максимально наближених до експлуатаційних.

Аналіз останніх досліджень. На даний час питанням втомної міцності довгобазних вагонів-платформ приділяється достатньо багато уваги. Цей факт в черговий раз підтверджує актуальність та необхідність вирішення питання удосконалення конструкції довгобазних вагонів-платформ з метою підвищення ресурсу. До основних досліджень в напрямку підвищення міцносних якостей довгобазних вагонів-платформ слід віднести роботи Кельріха М.Б., Донченка А.В., Гуржи Н.Л., Федосова-Ніконова Д.В., Фоміна О.В., Ловської А.О., Чепурного А.Д., Шатунова О.В. [5–13] та інших.

В статті [5] розглянуто існуючі конструктивні рішення довгобазних вагонів-платформ та проаналізовано результати експериментальних досліджень міцносних характеристик цих вагонів.

В роботі [6] запропоновано розрахунок на міцність несучої конструкції довгобазної вагона-платформи. До уваги прийнято два варіанти завантаження вагона-платформи, за яких отримано найбільші згинальні моменти у несучій конструкції.

Питання щодо можливості застосування методів теоретичних і експериментальних досліджень міцності основних несучих елементів конструкцій довгобазних вагонів-платформ розглянуті у публікації [7]. У роботі висвітлено результати розрахунку складових елементів конструкції на втому з використанням обчислювального комплексу, що реалізує метод скінченних елементів стандарту IBM-PC.

Особливості проведення ходових міцносних та динамічних випробувань вагона-платформи наведені у роботі [8]. Визначено основні показники міцносних та динамічних якостей вагона-платформи за умови його завантаження 20-ти та 40-футовими контейнерами.

Питання підвищення ефективності експлуатації довгобазної вагона-платформи висвітлено у публікації [9]. В цій роботі проведено розрахунок динамічної наван-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

таженості та міцності несучої конструкції вагона-платформи з урахуванням запропонованої модернізації.

Дослідження основних характеристик міцності довгобазної несучої конструкції вагона-платформи проводиться у роботі [10]. Визначено найбільш навантажені елементи рами вагона-платформи та їх відповідність вимогам безпечної експлуатації.

Дослідження вертикальної навантаженості несучої конструкції вагона-платформи зі зміщеним центром ваги проводиться у роботі [11]. Визначено прискорення, які діють на вагон, а також запропоновано заходи щодо покращення безпеки руху вагона.

Покращення міцносних якостей довгобазної вагона-платформи шляхом удосконалення їх конструкції та методів розрахунків розглянуто в роботах [12, 13].

Разом з тим, питання комплексного аналізу визначення втомної міцності довгобазної вагон-платформи різними методами, які ґрунтуються на проведенні експериментальних досліджень, в зазначених роботах не розглядалось. Тому, в цій роботі пропонується детально зосередитись на цьому актуальному питанні.

Мета статті – визначення втомної міцності довгобазної вагон-платформи за допомогою різних методів оцінки, які базуються на проведенні експериментальних досліджень та регламентовані діючою нормативною документацією.

Матеріал та результати досліджень. Дослідження проведено на довгобазному вагоні-платформі, призначеному для перевезення великотоннажних контейнерів типорозмірів 1А, 1АА, 1АХ, 1С, 1СС, 1СХ у будь-яких допустимих комбінаціях. Довжина вагона по осях автозчепів становить 25,62 м, база – 18,5 м. Рама вагон-платформи є зварною металоконструкцією, основними несучими елементами якої є хребтова та бічні балки. Хребтова балка є зварною конструкцією коробчастого перерізу змінної висоти і товщини за довжиною. Бічні балки мають двотавровий перетин, виконаний однієї висоти за всією довжиною з вертикальними підсилюючими ребрами. Бокові балки з'єднані між собою шворневими балками, проміжними поперечними балками та розкосами.

Для перевірки втомної міцності виконано розрахунок опору втоми рами за умови багатоциклового ресурсного навантаження. Результати розрахунків показали, що конструкція витримує діючі навантаження з достатніми запасами міцності на весь призначений термін служби.

З метою експериментального дослідження втомної міцності довгобазна вагон-платформа піддавалась наступним видам випробувань: статичні випробування на міцність, ходові міцносні випробування, циклічні ресурсні випробування на втому.

Коефіцієнт запасу опору втоми для найбільш навантажених зон визначено такими способами:

- експериментально-розрахунковим методом з використанням даних статичних випробувань на міцність $\sigma_{ст}$, МПа;
- за результатами ходових міцносних випробувань;
- за результатами ресурсних циклічних випробувань на втому (при цьому дані експлуатаційного навантаження взято для двох випадків – за результатами ходових міцносних випробувань та за результатами скидання з клинів).

Для зазначеної довгобазної вагон-платформи визначено коефіцієнт запасу опору втоми за кожним із вищеописаних методів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Стосовно до несучих елементів конструкції вагонів для забезпечення характеристик опору втомі реалізується підхід, що не допускає появи в конструкції втомних ушкоджень протягом призначеного строку служби.

Відповідні вимоги до міцності, а також методики розрахунку та методи випробувань на втомну міцність наведено у відповідній документації [1–4, 14–18], згідно якої оцінка втомної міцності конструкції вагона визначається за коефіцієнтом запасу опору втомі n :

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

де: $\sigma_{a,N}$ – границя витривалості рами вагона-платформи (експериментально визначається в процесі втомних випробувань або розрахунковим методом);

$\sigma_{a,e}$ – приведена до бази амплітуда динамічних напружень в досліджуваній зоні рами, еквівалентна за пошкоджуючим впливом реальному режиму експлуатаційних випадкових напружень за проектний строк служби вагона. Визначається експериментально-розрахунковим шляхом (за результатами ходових міцносних випробувань або скидання з клинів).

За умов визначення $\sigma_{a,e}$ в досліджуваній зоні експериментально-розрахунковим шляхом (скидання з клинів) [1, 15]:

$$\sigma_{a,e} = \frac{\sigma_{a,кл}}{\sigma_{a,кл}^y} \sigma_{a,e}^y, \quad (2)$$

де: $\sigma_{a,кл}$ – амплітуда динамічного напруження, зареєстрована в досліджуваній зоні рами під час випробувань зі скидання вагона з клинів;

$\sigma_{a,кл}^y$ – амплітуда динамічного напруження, зареєстрована в центральному перерізі рами під час випробувань зі скидання вагона з клинів;

$\sigma_{a,e}^y$ – розрахункова еквівалентна приведена амплітуда динамічних напружень в центральному перерізі рами під час руху вагона в експлуатації [1–3]:

$$\sigma_{a,e}^y = \sigma_{cm}^y \cdot K_{\partial,e}, \quad (3)$$

де: σ_{cm}^y – статичне напруження в центральному перерізі рами, виміряне під час випробувань з експлуатаційною схемою навантаження;

$K_{\partial,e}$ – еквівалентний приведений коефіцієнт вертикальної динаміки в центральному перерізі рами вагона [1–4]:

$$K_{\partial,e} = \sqrt[m]{\frac{N}{N_0} \sum_k (\bar{K}_{\partial,e})_k^m P_k(V)}, \quad (4)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де: $(\bar{K}_{oe})_k$ – середнє імовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки для k -ого інтервалу швидкості;

$P_k(V)$ – частіть повторення швидкостей в k -ому діапазоні (див. таблицю 1);

N – кількість циклів вертикальних коливань завантаженого вагона, що виникають за його строк служби [1, 3]:

$$N = f_e T_p, \quad (5)$$

f_e – ефективна частота процесу зміни динамічних навантажень, яка визначається за результатами скидання вагона з клинів або під час ходових міцносних випробувань;

T_p – сумарний час дії динамічних навантажень за строк служби [1, 3]:

$$T_p = \frac{\bar{L}}{\bar{V}}(1 - K_{II}), \quad (6)$$

де: \bar{L} – проектний пробіг вагона за розрахунковий строк служби;

\bar{V} – проектна середня технічна швидкість руху вагона (для вагонів з конструкційною швидкістю 120 км/год у відповідності з [1] $\bar{V} = 22,4$ м/с);

K_{II} – коефіцієнт порожнього пробігу вагона. Для вагонів-платформ $K_{II} = 0,4$.

В якості вихідного спектру навантаження центрального перерізу рами вагона-платформи приймається статистичний розподіл коефіцієнтів вертикальної динаміки, що відповідає розподілу швидкостей руху вагона в експлуатації, встановленого в [1] (таблиця 1).

Таблиця 1. Нормативна щільність розподілу швидкостей руху вагона-платформи з конструкційною швидкістю 120 км/год

Діапазон швидкостей, k	Середня швидкість в діапазоні, \bar{V}_k , м/с	Частота повторення швидкостей в діапазоні, $P_k(V)$
1	6,25	0,03
2	13,75	0,07
3	16,25	0,09
4	18,75	0,12
5	21,25	0,16
6	23,75	0,19
7	26,25	0,16
8	28,75	0,10
9	31,25	0,06
10	33,75	0,02

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Середнє ймовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки, яке відповідає середній швидкості в діапазоні, \bar{V}_k , обчислюється за формулою [1, 4]:

$$(\bar{K}_{oe})_k = \begin{cases} a\bar{V}_k/V_0, & \text{якщо } \bar{V}_k < V_0 \\ a + 3,6 \cdot 10^{-4}(\bar{V}_k - V_0)/\tilde{f}_{cm} & \text{якщо } \bar{V}_k \geq V_0 \end{cases}, \quad (7)$$

де: a – коефіцієнт, рівний для кузова вагона 0,05;

V_0 – порогові значення швидкості, $V_0 = 15$ м/с;

\tilde{f}_{cm} – приведений статичний прогин вагона-платформи при завантаженні до повної вантажопідйомності [1, 15]:

$$\tilde{f}_{cm} = f_{cm} - 0,5f_p, \quad (8)$$

f_{cm} – вимірний статичний прогин ресорного підвішування вагона, завантаженого до номінальної вантажопідйомності;

f_p – вимірний статичний прогин рами вагон-платформи, завантаженого до номінальної вантажопідйомності.

Розрахункова границя витривалості натурної деталі (вузла, конструкції) за амплітудою при базовому числі циклів обчислюється за формулою [1, 4, 15]:

$$\sigma_{a,N}^p = \bar{\sigma}_{a,N} \times \left((1 - Z_p \times \nu_{\sigma_{a,N}}) \right), \quad (9)$$

де: $\bar{\sigma}_{a,N}$ – середнє (медіанне) значення границі витривалості натурної деталі (в нашому випадку – рами вагона-платформи);

Z_p – квантиль розподілу, який відповідає односторонній ймовірності P . Враховуючи, що $\sigma_{a,N}$ – випадкова величина, що має нормальний закон розподілу, для основних несучих деталей вагонів рекомендується приймати $P = 0,95$ та $Z_p = 1,645$ ([1], п. 3.2.5).

$\nu_{\sigma_{a,N}}$ – коефіцієнт варіації границі витривалості деталі. Для низьколегованих сталей під час напівавтоматичного зварювання $\nu_{\sigma_{a,N}} = 0,07$ ([1], п. 3.2.5).

Середнє значення границі витривалості визначається за формулою [1, 4, 15]:

$$\bar{\sigma}_{a,N} = \frac{\bar{\sigma}_{-1}}{(\bar{K}_{\sigma})_k}, \quad (10)$$

де: $\bar{\sigma}_{-1}$ – середнє (медіанне) значення границі витривалості гладкого стандартного зразка із матеріалу деталі (рами) при симетричному циклі згину на базі N_0 циклів;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$(\bar{K}_\sigma)_K$ – середнє значення загального коефіцієнта зниження границі витривалості даної натурної деталі за відношенням до границі гладкого стандартного зразка, приймаємо $(\bar{K}_\sigma)_K = 4,5$ ([1], табл. 3.2).

Схема завантаження вагона-платформи під час проведення випробувань зображена на рис. 2.

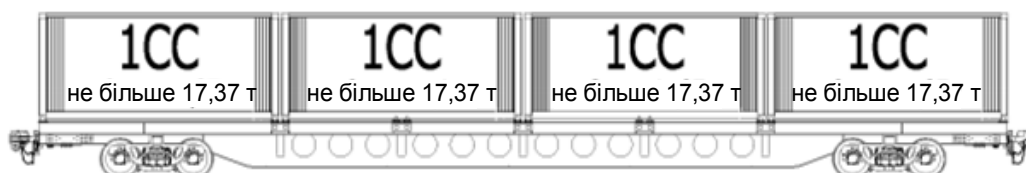


Рис. 2. Схема завантаження вагона під час проведення випробувань

Розрахункова кількість циклів під час випробувань складала [1, 3, 15]:

$$N_{вин}^p = \left(\left(\frac{\sigma_{a,N}^p}{\sigma_{a,вин}} \right) \right)^m \times N_0 = \left(\frac{34,5}{50} \right)^4 \times 10^7 = 2\,266\,712, \quad (11)$$

де: $\sigma_{a,N}^p \geq [n] \times \sigma_{a,e} \geq 1,15 \times 30 \geq 34,5$ МПа – розрахункова межа витривалості за амплітудою при базовому числі циклів;

$[n] = 1,15$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втомі ([3], табл.13).

Під час $N_{вин} = 2\,128\,000$ циклів у конструкції довгобазної вагона-платформи було виявлено тріщину в зоні з'єднання вертикального та нижнього листів хребтової балки у центральній зоні рами. Місцем зародження тріщини з'явився зварний шов області переходу вертикального листа хребтової балки з товщини 10 мм на товщину 8 мм.

Місця встановлення тензорезисторів та місце зародження тріщини наведено на рисунку 3. Характер руйнування рами вагона-платформи наведено на рисунку 4. При цьому коефіцієнт запасу опору втомі у місці зародження тріщини склав $n = 1,196$, за нормативного значення $[n] = 1,15$. Після виявлення тріщини випробування були продовжені з незмінною величиною випробувальної амплітуди $\sigma_{a,вин} = 50$ МПа на нижньому поясі хребтової балки у центральному перерізі рами з постійним контролем місця зародження та розвитку тріщини.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

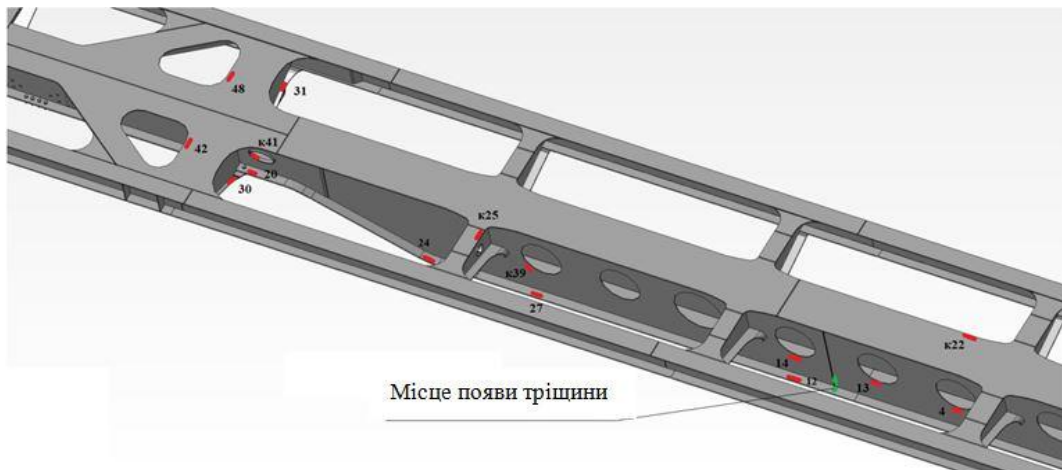


Рис. 3. Місця встановлення тензорезисторів та місце зародження тріщини

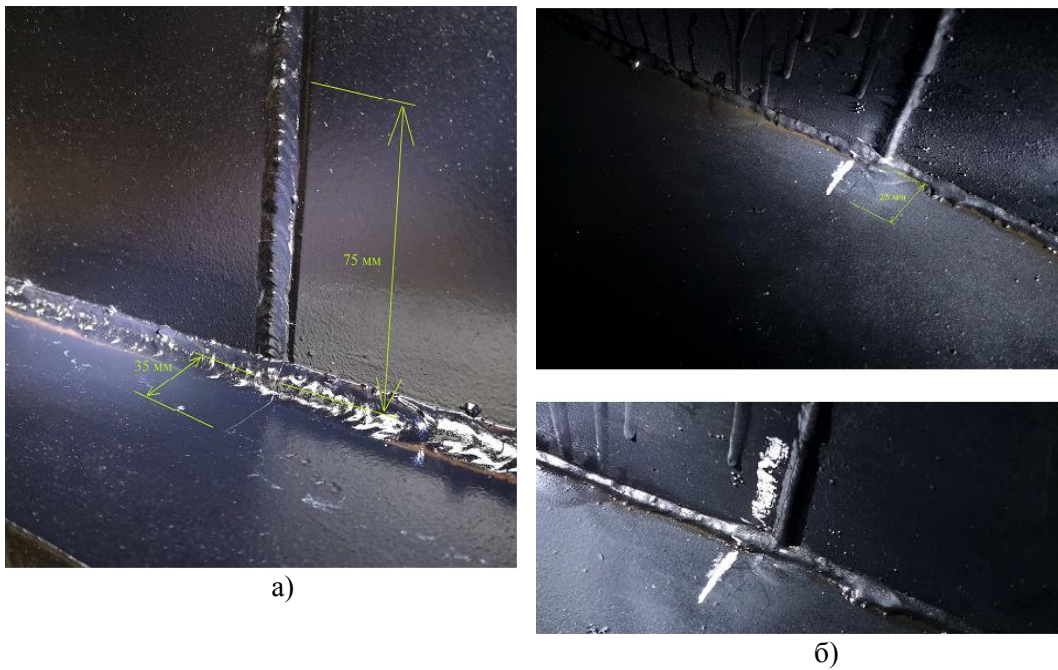
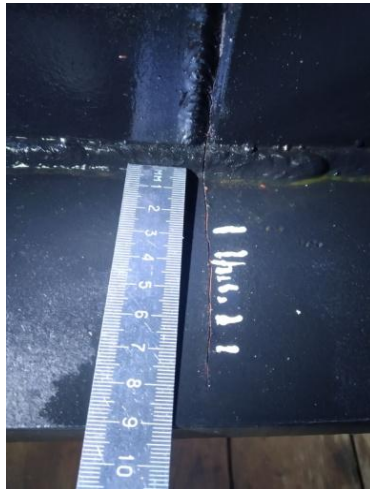


Рис. 4. Початок зародження тріщини:
вид зовні (а) та зсередини (б) хребтової балки рами вагона-платформи

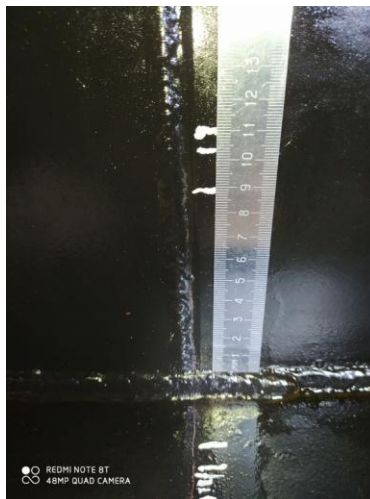
При даному режимі було досягнуто $N_{вин} = 2267000$ циклів при базовому розрахунковому числі циклів для центрального перерізу рами $N_{вин}^P = 2266712$ циклів. Розмір тріщини на горизонтальному листі хребтової балки збільшився з 35 мм до 80 мм, на вертикальному листі – з 75 мм до 110 мм. При цьому конструк-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ція не втратила своєї несучої здатності. Характер розвитку втомної тріщини після досягнення $N_{\text{вип}} = 2\,267\,000$ циклів наведено на рисунку 5.



а)



б)

Рис. 5. Вид тріщини втоми після досягнення базового числа циклів: нижній (а) та верхній (б) лист хребтової балки вагона-платформи

При цьому коефіцієнт запасу опору втоми на нижньому поясі хребтової балки в центральному перерізі рами при $N_{\text{вип}} = 2267000$ циклів склав $n = 1,15$.

За даними експериментальних досліджень шляхом застосування формул (1)–(11) визначено коефіцієнти запасу опору втоми різними методами. Результати досліджень щодо визначення міцності конструкції довгобазної вагона-платформи за допомогою різних експериментально-розрахункових методів наведено в табл. 2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. Результати досліджень з визначення міцності конструкції вагона-платформи різними експериментально-розрахунковими методами

Зона досліджень конструкції	Коефіцієнт запасу опору втоми				
	З використанням даних статичних випробувань за $\sigma_{ст}$, МПа	За результатами ходових міцносних випробувань	За результатами ресурсних випробувань (дані експлуатаційного навантаження взято за результатами ходових міцносних випробувань)	За результатами ресурсних випробувань (дані експлуатаційного навантаження взято за результатами випробувань скидання з клинів)	[n]
1	2	3	4	5	6
Хребтова балка, нижній лист, центральний переріз	1,5	2,03	1,150	1,34	1,15
Хребтова балка, нижній лист, зона тріщини	1,7	4,00	1,196	1,15	1,15

Результати досліджень показують значну розбіжність даних, одержаних різними експериментально-розрахунковими методами. Таким чином, складність конструкції довгобазної вагона-платформи, різноманіття експлуатаційних навантажень і велика кількість факторів, що впливають на втомну міцність, актуалізують завдання щодо вдосконалення методів оцінки опору втоми рам довгобазних вагонів-платформ як на стадії проектування, так і на стадії обробки експериментальних даних.

Висновки.

1. Результати досліджень показують значну розбіжність даних, отриманих за допомогою різних експериментально-розрахункових методів, що свідчить про необхідність застосування комплексного підходу під час оцінки такого важливого показника як коефіцієнт запасу опору втоми довгобазного вагона-платформи. Значення коефіцієнта запасу опору втоми, отримане за результатами ходових міцносних випробувань, найбільше та має явно виражену розбіжність у порівнянні зі значеннями одержаними іншими методами. В той же час, значення коефіцієнтів запасу опору втоми, отримані з використанням даних статичних випробувань на міцність та за результатами циклічних випробувань на втому для двох випадків експлуатаційного навантаження, корелюються між собою та знаходяться на рівні нормативного значення. Підтверджено необхідність експериментального обґрунтування конструктивних рішень рами довгобазних вагонів-платформ та оцінки точності теоретичних розрахунків шляхом проведення ресурсних циклічних випробувань на втому.

2. Під час проектування довгобазних вагонів-платформ особливу увагу слід приділяти зонам розташування зварних швів і якості їх виконання, раціональному вибору форм деталей, що з'єднуються, розмірам і схемам розташування зварних швів, а також виключати геометричні концентратори напружень.

3. Складність конструкції довгобазних вагонів-платформ, різноманіття експлуатаційних навантажень і значна кількість факторів, що впливають на втомну міц-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ність, актуалізують завдання щодо вдосконалення методів оцінки опору втоми рам довгобазних вагонів-платформ як стадії проектування, так і на стадії обробки експериментальних даних.

Рекомендації.

В подальшому потрібно удосконалити існуючі або запропонувати нові методи оцінки опору втоми рам довгобазних вагонів-платформ як стадії проектування, так і на стадії обробки експериментальних даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. 317 с.
2. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. М.: ГосНИИВ, 1995. 99 с.
3. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. Москва, 2016. 54 с.
4. Типовая методика испытаний на сопротивление усталости / ВНИИЖТ-НВЦ Вагоны. М. 2007. 16 с.
5. Третьяк Е.В., Сулим А.О., Хозя П.О. Основні типи конструкцій довгобазних вагонів-платформ та дослідження їх міцносних характеристик. Збірник наукових праць "Рейковий рухомий склад". 2020. Вип. 20. С. 27–33.
6. 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.
7. 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.
8. Чепурной 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.
9. 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 (109), 6 – 13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224638>
10. D. V. Fedosov-Nikonov, A. O. Sulym, V. V. Ilchyshyn, O. M. Safronov, M. B. Kelrikh. (2020). Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.. Vol. 985. 012029. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012029>
11. Shatunov O. V., Shvets A. O. Study of dynamic indicators of flat wagon with load centre shift. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2019. № 2 (80). С. 127 – 143. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/165160>
12. Фомін О. В., Ловська А. О., Рибін А. В. Дослідження повздожньої навантаженості вагона-платформи з наповнювачем в несучій конструкції. Наукові вісті Далівського університету. 2021. №21. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-17>
13. Анисимов П. С., Петров Г. И. Пространственные колебания вагона-платформы. Мир транспорта. 2014. №2. С. 20 – 26.
14. Płaczek 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>
15. ГОСТ 33788-2016 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. Москва, Стандартинформ, 2016. 46 с.
16. Терентьев В.Ф. Усталость металлических материалов. М.: Наука. 2003. 254 с.
17. Степнов М.Н., Чернышев С.Л., Ковалев И.Е., Зинин А.В. Характеристики сопротивления усталости. Расчетные методы оценки. М.: Технология машиностроения. 2010. 256 с.
18. Сопротивление материалов. Основы теории. Примеры. Задачи : учеб. пособие / С. В. Елизаров, Ю. П. Каптелин, Я. К. Кульгавий, Н. М. Савкин. - СПб.: ПГУПС, 2006. - 400 с. - ISBN 5-7641-0148-4.

A.O. Sulym

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-54, E-mail: sulim1.ua@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8144-8971>

O.V. Orlov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»,
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-20-43, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

METHODS OF DETERMINING THE FATIGUE STRENGTH OF LONG-BASE FLAT WAGONS

This article analyzes the results of recent scientific research concerning the increasing the strength characteristics of long-base flat wagons. It was found that the issue of comprehensive analysis of fatigue strength determination of long-base flat wagons by various methods, which are based on performing experimental studies, was not considered in these studies. Therefore, it is proposed to focus on this topical issue in the work.

The place of initiation and development of a crack in the frame of a long-base flat wagon was established based on the results of endurance cyclic fatigue tests. The fatigue safety factor of the long-base flat wagon frame structure was determined based on the results of various evaluation methods: experimental and computational methods using the data of static tests, running strength tests, endurance cyclic fatigue tests (for two cases of operational load - based on the results of running strength tests and wedge tests). The necessity of applying a complex approach during the assessment of such an important indicator as the coefficient of fatigue resistance of a long-base flat wagon due to the discrepancy of data obtained by various experimental and calculation methods has been proven. The need for experimental substantiation of structural solutions of the frame of long-base flat wagons and assessment of the accuracy of theoretical calculations by means of resource cyclic fatigue tests has been confirmed. Further research should be focused on improving the existing and developing new methods for assessing the fatigue resistance of the frames of long-wheelbase flat wagons both at the design stage and at the stage of data processing of experimental studies.

Key words: long-base flat wagon, fatigue safety factor, evaluation method, endurance cycle tests, running strength tests.

REFERENCES

1. Normy dlya rascheta i proektirovaniya novykh i moderniziruemykh vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnykh) [Norms for the calculation and design of new and upgraded wagons of railways of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. (1996). Moscow: GosNIIV – VNIIZhT [in Russian]
2. Vagony gruzovye i passazhirskie. Metody ispytaniy na prochnost' i hodovye kachestva [Freight and passenger cars. Test methods for strength and driving performance]. (1995). RD 24.050.37-95. M.: GosNIIV [in Russian]

3. Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam [Freight wagons. Requirements for strength and dynamic qualities] (2016). *GOST 33211-2014*. Moscow [in Russian]
4. Tipovaya metodika ispytaniy na soprotivlenie ustalosti [Typical test procedure for fatigue resistance] (2007). Moscow: VNIIZHT-NVC Vagony [in Russian]
5. Tretiak, E.V., Sulym, A.O., Khozia, P.O. (2020). Osnovni typy konstruksii dovhobaznykh vahoniv-platform ta doslidzhennia ikh mitsnosnykh kharakterystyk [The main types of structures of long-base flat wagons and the study of their strength characteristics]. *Zbirnyk naukovykh prats "Reikovy rukhomiy sklad" - Collection of scientific works "Railbound rolling stock"*, Iss. 20, 27–33 [in Ukrainian]
6. Kelrich, M. B., Fedosov-Nikonov, D. V. (2016). Doslidzhennia na mitsnist konstruksii dovhobaznoi platformy [Research on the strength of the structure of a long-base platform]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho Natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia - Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl*, 1 (225), 90 – 94 [in Ukrainian]
7. Donchenko, A. V., Fedosov-Nikonov, D. V. (2016). Metodyka rozrakhunkovo-ekspyrymentalnykh doslidzen konstruksii dovhobaznoi platformy [Methodology of calculation and experimental studies of the construction of a long-base platform]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnogo ekonomiko-tehnolohichnoho universytetu transportu. Seriya: Transportni systemy i tehnolohii - Collection of scientific works of the State Economic and Technological University of Transport. Series: Transport systems and technologies*, 28, 53 – 60 [in Ukrainian]
8. Chepurnoy, A. D., Litvinenko, A. V., Sheichenko, R. I., Graborov, R. V., Chuban, M. A. (2015). Hodovye prochnostnye i dinamicheskie ispytaniya vagona-platformy [Running strength and dynamic tests of the platform car]. *Visnyk NTU KhPI - Bulletin of NTU "KhPI"*, 31 (1140), 111-128 [in Russian]
9. 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 (109), 6 – 13. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224638>
10. Fedosov-Nikonov, D. V., Sulym, A. O., Ilchysyn, V. V., Safronov, O. M., Kelrich, M. B. (2020). Study of strength characteristics of the long wheelbase flat cars. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 985. 012029. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012029>
11. Shatunov, O. V., Shvets, A. O. (2019). Study of dynamic indicators of flat wagon with load centre shift. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transport - Science and progress of transport. Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2 (80), 127 – 143. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/165160>
12. Fomin, O. V., Lovska, A. O., Rybin, A. V. (2021). Doslidzhennia povzdovzhnoi navantazhenosti vahona-platformy z napovniuvachem v nesuchii konstruksii [Research of the longitudinal loading of a flat wagon with filler in the load-bearing structure]. *Naukovi visti Dalivskoho universytetu - Scientific news of Dahl University*, 21 DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2021-21-17> [in Ukrainian]
13. Anisimov, P. S., Petrov, G. I. (2014). Prostranstvennyye kolebaniya vagona-platformy [Spatial oscillations of the flat wagon]. *Mir transporta - World of Transport*, 2, 20 – 26 [in Russian]
14. Płaczek, M., Wróbel, A., Buchacz, A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 161. 012107 DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012107>
15. Vagony gruzovye i passazhirskie. Metody ispytaniy na prochnost' i dinamicheskie kachestva [Freight and passenger cars. Test methods for strength and dynamic qualities]. (2016). *GOST 33788-2016*. Moscow: Standartinform [in Russian]
16. Terentev, V.F. (2003). *Ustalost metallicheskih materialov [Fatigue of metallic materials]*. Moscow: Nauka [in Russian]
17. Stepnov, M.N., Chernyshev, S.L., Kovalev, I.E., Zinin, A.V. (2010). *Harakteristiki soprotivleniya ustalosti. Raschetnye metody ocenki [Fatigue resistance characteristics. Estimation technique]*. M.: Tekhnologiya mashinostroeniya [in Russian]
18. Elizarov, S.V., Kaptelin, Yu.P., Kulgavij, Ya. K., Savkin, N. M. (2006). *Soprotivlenie materialov. Osnovy teorii. Primery. Zadachi [Strength of materials. Fundamentals of the theory. Examples. Tasks]*. Saint-Petersburg.: PGUPS. ISBN 5-7641-0148-4 [in Russian].

Ж. О. Семко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,

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

Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com

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

АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЙ ЦІНОУТВОРЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Розвиток технічного прогресу надає все більші переваги для створення техніки, яка відповідає за своїм рівнем сучасним вимогам та очікуванням споживачів. Але, водночас наявність на ринку декількох виробників однієї продукції висуває підвищені вимоги щодо конкурентоздатності, ремонтпридатності, надійності та безпеки створюваної нової продукції. Не обійшли сучасні умови й процеси створення, введення в експлуатацію, саме експлуатацію, обслуговування та ремонту, а також утилізації рухомого складу. В статті проаналізовано існуючі дослідження в напрямку удосконалення та розвитку методів визначення вартості життєвого циклу залізничної техніки й методології утворення на її підставі економічно обґрунтованої ціни на нові моделі рухомого складу. Визначено можливості зниження вартості життєвого циклу залежно від виду рухомого складу на підставі аналізу приведених робіт та досліджень. Встановлено, що найбільш витратними стадіями життєвого циклу залізничного рухомого складу є його розробка, виробництво та експлуатація. Наведено шляхи удосконалення і процедуру виконання розробленої методики ціноутворення залізничної техніки з урахуванням результатів оцінки вартості життєвого циклу. Детально розглянуто стадії життєвого циклу, а саме – стадії розробки, виробництва, модернізації залізничного рухомого складу та його комплектуючих. Наведено основні економічні показники (критерії), що застосовані під час проведення оцінки вартості життєвого циклу. Встановлено фактори впливу залежно від виду рухомого складу на такий вагомий показник як лімітна ціна. Визначено переваги застосування методології ціноутворення на підставі оцінки вартості життєвого циклу.

Ключові слова: вартість життєвого циклу, рухомий склад, технічний рівень, стадії життєвого циклу – розробка, виробництво, експлуатація, лімітна ціна, сумарні витрати.

© Семко Ж. О., 2022

Ж. О. Семко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com

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

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЙ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Развитие технического прогресса предоставляет все больше преимуществ для создания техники, которая соответствует по своему уровню современным требованиям и ожиданиям потребителей. Но, при этом наличие на рынке нескольких производителей одной и той же продукции выдвигает повышенные требования к конкурентоспособности, ремонтпригодности, надежности и безопасности создаваемой новой продукции. Не обошли современные условия и процессы создания, введения в эксплуатацию, самой эксплуатации, обслуживания и ремонта, а также утилизации подвижного состава. В статье проанализированы существующие исследования в направлении усовершенствования и развития методов определения стоимости жизненного цикла железнодорожной техники и методологии формирования на её основе экономически обоснованной цены на новые модели подвижного состава. Определены возможности снижения стоимости жизненного цикла в зависимости от вида подвижного состава на основе анализа приведенных работ и исследований. Установлено, что наиболее затратными стадиями жизненного цикла железнодорожного подвижного состава являются его разработка, производство и эксплуатация. Приведены пути усовершенствования и процедуру выполнения разработанной методики ценообразования железнодорожной техники, с учетом результатов оценки стоимости жизненного цикла. Детально рассмотрены стадии жизненного цикла, а именно – стадии разработки, производства, модернизации железнодорожного подвижного состава и его комплектующих. Приведены основные экономические показатели (критерии), применяемые при проведении оценки стоимости жизненного цикла. Установлены факторы влияния в зависимости от вида подвижного состава на такой значимый показатель, как лимитная цена. Определены преимущества применения методологии ценообразования на основе оценки стоимости жизненного цикла.

Ключевые слова: стоимость жизненного цикла, подвижной состав, технический уровень, стадии жизненного цикла – разработка, производство, эксплуатация, утилизация, лимитная цена, суммарные затраты.

Вступ

Якщо з досягненням найвищого технічного рівню будь-якої продукції – все зрозуміло, то підвищення конкурентоспроможності за сучасних умов жорсткої конкуренції досить важка справа. Та річ не у тому, що не має технічного потенціалу, він

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

– є. Річ у тому, що конкурентоспроможність стала опцією більш економічного характеру. В цьому контексті однією з проблем розвитку транспортного машинобудування є те, що загально застосований принцип ціноутворення "витрати плюс" не стимулює виробників до підвищення технічного та технологічного рівня продукції, а навіть навпаки, виробники вимушені економити на вкладенні коштів у інновації. Не має сумнівів, що правильний, економічно обґрунтований підхід до створення цінової політики надасть виробнику значні переваги перед конкурентами.

Нажаль автору статті не вдалося знайти інформації щодо вартості залізничної техніки у період її становлення, як самостійного та на той час передового виду транспорту. Але за інформацією, що наведена у Енциклопедії машинобудування. Обладнання, матеріалознавство, механіка (інтернет ресурс: <https://mash-xxl.info/page/195076136197222162108077120229005038038068172042/> [1]), технічні характеристики паровозів становили: швидкість руху – 70 км/год (серія СО17, рік побудови 1934) 80 км/год (серія ВЛ та Л, рік побудови 1952) та 85 км/год (серія ФД21, рік побудови 1941), потужність паровозу – від 2500 л.с. (≈1838 кВт) до 3200 л.с. (≈2353 кВт). Зовнішній вигляд паровозу серії Л зображено на рис. 1.



Рис. 1. Паровоз серії Л

Фахівці-дослідники паровозної тяги дотримуються думки, що наприклад, у разі виникнення таких несприятливих для людства умов, як глобальна паливна криза, велика техногенна або природна катастрофа, у паровозів виявляється немало переваг перед сучасним тяговим рухомим складом.

До цих переваг можна віднести такі властивості:

- простота конструкції.

Конструкція паровозу набагато простіша за будь-який інший аналогічний тяговий рухомий склад.

- простота обслуговування. Доглядати потрібно за будь-якою одиницею рухомого складу, але у цілому паровози менш проблемні в догляді, ніж їх сучасні аналоги.

- всеїдність. Паровози їздять на усьому, що горить: вугілля, дрова, солярка, сміття тощо.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Тобто виготовлення, експлуатація та обслуговування паровозів обійдеться споживачеві набагато дешевше. Але, справа у тому, що підвищений попит на споживання товарів, підвищує вимоги та перевізного процесу, насамперед до виконання великих обсягів перевезень. Таким чином, зростання товарообміну викликає підвищення вимог до перевізного процесу, а також до об'єктів, що цей процес забезпечують.

Отже, більш високий рівень вимог споживачів завдає напрямок розвитку для створення продукції з більш високим рівнем відповідності до цих вимог та забезпечення задоволеності споживачів. Останні в свою чергу становляться не тільки оцінювачами технічних характеристик продукції (їх високий рівень залишається без коментарів), але і відповідним своєрідним «барометром» пропонованої ціни.



Рис. 2. Маневровий тепловоз

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Згідно з ДСТУ ГОСТ 31538 [2] встановлені типові процеси, які виконуються на стадіях життєвого циклу залізничного рухомого складу (далі – ЗРС), до яких увійшли:

- 1 стадія – Визначення вихідних вимог
 - маркетингові дослідження;
 - розробка замовником технічних вимог до ЗРС;
 - організація замовником конкурсу (тендеру) для оцінки конкурентоспроможності підрядників (постачальників) ЗРС;
- 2 стадія – Розробка залізничного рухомого складу:
 - розробка підрядником (постачальником) ЗРС технічного завдання (далі – ТЗ) на проведення дослідно-конструкторських робіт (далі – ДКР) зі створення ЗРС;
 - укладання договору на створення ЗРС;
 - ДКР на створення (модернізацію) нового ЗРС відповідно до затвердженого ТЗ;
- 3 стадія – Виробництво
 - постановлення ЗРС на виробництво
 - усалене промислове серійне виробництво ЗРС;
- 4 стадія – Експлуатація

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- використання ЗРС за призначенням на підприємствах замовника;
- технічне обслуговування (ТО) та поточний ремонт;
- середній ремонт, капітальний ремонт

5 стадія – Модернізація

5.1 Проведення модернізації ЗРС за ініціативою розробника чи виробника;

- розробка ТЗ на ДКР щодо модернізації ЗРС;
- розробка замовником ЗРС технічних вимог щодо модернізації;

5.2 Проведення модернізації ЗРС за ініціативою замовника

- розробка постачальником ТЗ на ДКР щодо модернізації постачальником ЗРС;

6 стадія – Утилізація

- списання ЗРС;
- утилізуванню складальних частин ЗРС;
- видалення відходів складальних частин ЗРС.

У роботі з аналізу експлуатаційних складових економіко-технологічних станів життєвого циклу пасажирських вагонів [3] наведено результати щодо проведеного дослідження та аналіз структури економіко-технологічних станів пасажирських вагонів за фактичними даними АТ «Укрзалізниця», що дозволило визначити найбільш вагомі елементи в структурі витрат з урахуванням особливостей технологічних станів експлуатаційного етапу життєвого циклу пасажирських вагонів. Дослідження у роботах [4- 11] присвячені удосконаленню методології визначення життєвого циклу та його вартості щодо тягового рухомого складу.

У результаті проведених досліджень [12] сформовано висновки, що використання представленої моделі дозволяє оцінити показники надійності на етапах життєвого циклу, оптимізувати міжремонтний термін і кількість ремонтів впродовж життєвого циклу певної моделі вантажного вагона, при цьому забезпечується урахування не тільки конструктивних особливостей, а також імовірностей безвідмовної роботи основних ресурсовизначальних елементів вузлів вагонів.

У роботі [13] досліджено, що у випадку переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторних засобів контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для напіввагона моделі 12-7023 підвищується до 7,4 % порівняно з нормативно значеннями, встановленими у існуючій системі технічного обслуговування та ремонту.

У висновках роботи [14] зазначено, що на вартість першого етапу життєвого циклу (цикл створення та випробування) рухомого складу будуть впливати такі фактори, як кількість часу на проектування, розрахунок, випробування та оптимізацію конструкції; матеріальні витрати на виготовлення прототипів і стендів для випробувань, обладнання, інструментів; кількість випробувань і їх обсяг; витрати людино-годин. Тому використання даних систем для локомотиво- та вагонобудування, а особливо для модернізації рухомого складу дозволить значно знизити вартість першої стадії життєвого циклу.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 3. Рейковий автобус

Мета статті

Мета статті – проаналізувати існуючі методології ціноутворення залізничної техніки, в основу яких покладено критерій мінімальної вартості життєвого циклу.

Матеріали та методи дослідження

Найбільш вагомими за витратами стадіями життєвого циклу залізничного рухомого складу (на рис. 2–7 зображено зовнішній вигляд сучасних зразків рухомого складу) можна вважати другу – розробка залізничного рухомого складу, третю – виробництво та четверту – експлуатація, а також в деякій мірі п'яту – модернізація.

Але розподілення сумарних витрат за цими етапами для виробників ЗРС та для споживачів (підприємств, що є експлуатуючими організаціями), апіорі не рівномірне, але і ті й другі прагнуть досягнення однієї мети – якомога скоротити ці витрати.

Таким чином, задача мінімізації сумарних витрат на реалізацію життєвого циклу ЗРС, налаштування схеми ціноутворення, а також підвищення надійності та безпеки експлуатованої техніки є загальною для її виробників та споживачів. Рішення цієї задачі має приносити користь й тим, й другим. Для залізничної промисловості мінімізація таких витрат підвищує конкурентоздатність продукції, отже, стимулює розширення ринку збуту та збільшення прибутку. Для споживачів продукції, при цьому, підвищується економічна ефективність її експлуатації.

Щоб створити умови, які стимулюють виробників щодо підвищення ефективності своєї продукції, необхідно змінити систему ціноутворення, та в якості основного напрямку розвитку створити методологію оцінки вартості життєвого циклу.

Спеціальною комісією з удосконалення методики ціноутворення на залізничну техніку було розроблено ряд документів, зокрема:

- «Принципи ціноутворення на залізничний рухомий склад та складні технічні системи залізничного транспорту на підставі оцінки вартості життєвого циклу, обов'язкові умови договорів на поставку та відповідальність виробників і споживачів залізничної техніки у разі такого ціноутворення» [15]. Цей документ призначений для визначення умов оцінки вартості життєвого циклу залізничного рухомого складу, економічного ефекту його використання, а також чіткого визначення прав та обов'язків виробника (споживача).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- «Методику розрахунку економічно обґрунтованих цін на нові моделі вантажних вагонів та комплектувальних до них на підставі вартості життєвого циклу»[16]. Ця методика призначена для введення та застосування єдиних методів та прийомів виконання розрахунку економічно обґрунтованої ціни на нові моделі вантажних вагонів та комплектувальних до них.

- «Методику розрахунку економічно обґрунтованих цін на нові моделі рухомого складу та складні технічні системи залізничного транспорту» [17]. Ця методика призначена для встановлення єдиних об'єктивних та прозорих правил ціноутворення на підставі не кошторисної собівартості, а економічного результату експлуатації даного рухомого складу з метою подолання конфлікту інтересів виробника та споживача рухомого складу.



Рис. 4 – Пасажирський вагон

На даний час поняття «вартість життєвого циклу» (далі – ВЖЦ) технічного засобу визначається як сукупні витрати споживача на придбання та використання техніки за строк її служби.

ВЖЦ рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту включає в себе витрати одноразового (інвестиції) і поточного характеру (експлуатаційні витрати) за строк служби (строк корисного використання). Крім того, ураховуються ліквідаційні витрати, пов'язані з виключенням об'єкту із експлуатації.

Задля того, щоб визначити з яких саме витрат складається «вартість життєвого циклу», необхідно більш детально розглянути обсяг робіт, що мають бути виконані під час певної стадії життєвого циклу.

Примітка. Для огляду відібрано другу, третю та четверту стадії.

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 31538 [2] певна стадія життєвого циклу ЗРС має містити види робіт, що наведено нижче.

Стадія «Розробка» охоплює процеси виконання науково-дослідних робіт з пошуку шляхів і принципів раціонального створення нового (модернізованого) залізничного рухомого складу для формування ТЗ, детального прогнозування вартості життєвого циклу ЗРС, виконання ДКР з розробки створення дослідних зразків нового (модернізованого) ЗРС, проведення їх випробувань. Результатом робіт на стадії «Розробка» є дослідний зразок (або дослідна партія) ЗРС, затверджена конс-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

трукторська документація (зокрема експлуатаційні та ремонтні документи), яка, за вимогою замовника, може бути виконана в формі електронних документів.

Стадія «Виробництво» охоплює підготовчі процеси із забезпечення готовності підприємства до виробництва та випуску (постачання) в заданому обсязі нового (модернізованого) ЗРС у відповідності до технічних вимог, технічного завдання, вимог конструкторської документації; виробничі процеси його виготовлення на стадії усталеного виробництва, а також процес припинення виробництва (зняття з виробництва) ЗРС. Результатом робіт, проведених на стадії «Виробництво», є виготовлення нового (модернізованого) ЗРС.



Рис. 5. Вагон бункерного типу

Стадія «Експлуатація» охоплює процеси прийняття організацією (підрозділом), що експлуатує ЗРС, введення його в парк, що експлуатується, для безпосереднього використання за призначенням (зокрема й під час гарантійного строку); підтримання парку ЗРС у встановленому ступеню його готовності до використання шляхом проведення комплексу заходів (зокрема технічного обслуговування та ремонту), направлених на забезпечення та/або відновлення робоздатності й справності ЗРС.

Результатом робіт на стадії «Експлуатація» є виконання одиницею ЗРС своїх функцій із забезпечення перевізного процесу у відповідності до заданих вимог.

Стадія «Модернізація» характеризується процесами, направленими на своєчасну заміну частини обладнання ЗРС на нове для покращення його споживчих властивостей. Під час модернізації можливе виконання робіт, які забезпечують подовження строку служби ЗРС. Модернізацію проводять з метою покращення техніко-економічних показників ЗРС. Результатом проведення робіт на стадії «Модернізація» є підвищення технічного рівня ЗРС та його складальних частин. Порядок проведення робіт з модернізації ЗРС, яку здійснює виробник або спеціалізоване ремонтне підприємство, має бути таким же, як і у разі розробки нового ЗРС відповідно до ДСТУ ГОСТ 15.902 [18].

Для споживача витрати перших трьох – чотирьох стадій опосередковано визначені в початковій вартості виробу (технічної системи) – ціні придбання.

Відповідно до [19] вартість життєвого циклу рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту визначається підсумовуванням індивідуального відтоку грошових коштів (витрат) на кожному часовому етапі (крок розрахун-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ку) строку служби одиниці рухомого складу або технічної системи. Найбільш часто в якості кроку розрахунку застосовується період – один рік. Тому визначення витрат на експлуатацію за один рік є річними експлуатаційними витратами.

Річні експлуатаційні витрати – поточні витрати на експлуатацію рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту, які розраховують відповідно до номенклатури доходів та витрат за видами діяльності організації, складаються із витрат на енергоресурси і витратні матеріали, утримання експлуатаційного персоналу, чистку та мийку рухомого складу, технічне обслуговування, поточні, капітальні непланові ремонти.

Витрати на енергоресурси – електроенергію або дизельне паливо – є основною складовою річних експлуатаційних витрат для тягового рухомого складу. Ці витрати включають до себе плату за використання енергоресурсів у поїзній та (або) поза поїзній роботі, а також для обігріву тягового рухомого складу у разі його «відстою», вентиляції локомотивного обладнання тощо. До витрат на експлуатацію відносять також витрати на екіпірувальні матеріали (мастило, рідини для системи охолодження, пісок, що використовується для підвищення зчеплення коліс з рейками тощо). До вартості витратних матеріалів в загальному випадку включають й витрати на їх підготовку до використання.

У складі річних експлуатаційних витрат на утримання експлуатаційного персоналу ураховують й витрати на оплату праці робітників локомотивних, вагонних депо, пунктів екіпіровки, а також робітників, зайнятих обслуговуванням приладів апаратури та споруд радіорелейного зв'язку, ліній електропередачі, засобів диспетчерської централізації тощо з урахуванням відрахувань на соціальні потреби.



Рис. 6. Вагон -цистерна

У складі доходів за період експлуатації залізничного транспортного засобу ураховуються доходи від власне експлуатації рухомого складу та його ліквідаційна вартість.

Продуктивність рухомого складу збільшується за рахунок оновлення парку, поліпшення його характеристик, зменшення витрат на виробництво й показниками.

Так, для збільшення продуктивності вантажних вагонів необхідно скорочувати простой, збільшувати швидкість руху вагонів та поліпшувати використання їх ван-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тажопід'ємності. При цьому заходи щодо збільшення продуктивності вагонів мають відповідати економічній ефективності роботи транспорту.

Дисконтування грошових потоків здійснюється за допомогою введення в розрахунки коефіцієнту дисконтування α_t , який для постійної норми дисконту визначають за формулою:

$$\alpha = (1 + E)^{-t} = 1/(1 + E)^t \quad (1)$$

де t – шаг розрахункового періоду ($t = 0, 1, 2, \dots, T$);

T – горизонт розрахунку (тривалість життєвого циклу);

E – норма дисконту (ставка дисконтування).

У разі змінюваної по рокам норми дисконту, коефіцієнт дисконтування визначають за формулою:

$$\alpha_t = 1/\prod_{k=1}^t (1 + E_k), \alpha_0 = 1 \quad (2)$$

де E_k – норма дисконту за k -тий рік;

α_0 – коефіцієнт дисконтування за крок розрахункового періоду $t = 0$.

Для рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту річні експлуатаційні витрати на ремонт включають у себе, зокрема, витрати:

- на поточний ремонт та обслуговування, включаючи витрати з оплати праці з нарахуваннями відповідно до законодавства України;
- маневрову роботу на станціях;
- екіпіровку локомотивів та пасажирських вагонів;
- утримання технічних засобів господарствами залізниць;
- капітальний та неплановий ремонт рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту.

До складу одноразових витрат входять вартість одиниці рухомого складу або складної технічної системи залізничного транспорту (ціна придбання) і супутні капітальні вкладення (інвестиції), які необхідно здійснювати під час введення їх в експлуатацію.

Ліквідаційну вартість рухомого складу або складних технічних систем залізничного транспорту визначають на кінцевому етапі їх використання. В неї входять витрати на вивід із експлуатації та утилізуванню: засобів, отриманих від вторинного використання запасних частин й металобрухту; витрати, пов'язані з демонтажем обладнання, не підлягаючих ремонту змінних частині деталей; витрати на транспортування; інші витрати.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 7. Швидкісний двосистемний

Для визначення вартості життєвого циклу ЗРС важливу роль відіграє лімітна ціна.

Лімітна ціна нового (модернізованого) технічного засобу – гранично допустима ціна, розрахована на основі змінювання його споживчих властивостей, поліпшення якості, техніко-економічних, соціальних та екологічних параметрів в порівнянні з аналогом з урахуванням визначеного споживачем корисного ефекту за строк служби техніки (життєвого циклу).

Лімітну ціну визначають на стадії проектування технічного засобу в цілях оцінки економічної доцільності розробки нової продукції із заданими техніко-економічними параметрами, обмеження росту витрат на її виробництво і забезпечення відносного здешевлення на одиницю кінцевого корисного результату (ефекту).

В процесі встановлення лімітних (граничних) цін вибирають базовий технічний засіб, з яким порівнюють нову (модернізовану) техніку. За базову приймають, аналогічний за функціональним призначенням, ліпший вітчизняний або зарубіжний зразок ЗРС.

Потім визначають техніко-економічні параметри нового (модернізованого) технічного засобу і порівнюють їх з відповідними параметрами базового.

На підставі конструктивних параметрів й експлуатаційних показників визначають:

- середньорічну продуктивність;
- річні експлуатаційні витрати у разі використання базового та нового (модернізованого) технічного засобу;
- корисний ефект від використання в експлуатації нової (модернізованої) техніки;
- граничну (лімітну) ціна нового (модернізованого) технічного засобу.

Лімітну ціну в загальному виді визначають за формулою:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$C_{нов.лім.} = C_{аналог} + EE \times K_{EE} = C_{аналог} + K_{EE} \times \sum_{t=1}^T [(\Delta D_t - \Delta B_t) / (1 + \alpha)^t] \quad (3)$$

де $C_{нов.лім.}$ – лімітна ціна нової одиниці рухомого складу;

$C_{аналог.}$ – ціна одиниці серійного аналогу;

EE – економічний ефект від використання нової моделі одиниці рухомого складу у порівнюванні з серійним аналогом

K_{EE} – коефіцієнт розподілу економічного ефекту між виробником та споживачем (визначають за договірною основою)

ΔD_t – різниця у доходах від використання нової моделі одиниці рухомого складу замість аналога в період t ;

ΔB_t – різниця у витратах у разі використання нової моделі одиниці рухомого складу замість аналога в період t ;

α – коефіцієнт дисконтування;

T – нормативний строк служби.

Шаг періоду розрахунку t (рік, квартал, місяць) вибирають за узгодженням сторін.

Лімітна ціна пасажирського вагона залежить від таких основних техніко-економічних показників:

- кількість пасажирських місць;
- маса тари (з екіпіровкою без пасажирів);
- строк служби;
- поточна вартість;
- річний пробіг вагона;
- періодичність ремонту.

Лімітна ціна локомотива залежить від таких основних техніко-економічних показників:

- потужність та сила тяги;
- конструкційна швидкість;
- питома витрата паливно-енергетичних ресурсів;
- тривалість та структура ремонтного циклу;
- вартість кожного виду ремонту та обслуговування;
- строк служби з урахуванням морального зносу.

Детальний перелік техніко-економічних параметрів, необхідних для розрахунку лімітної ціни, визначають за видом продукції, її призначенням та сферою застосування.

Аналіз лімітної ціни доцільно виконувати у відношенні до тих параметрів, які можуть довільно змінюватися в процесі експлуатації, а також параметрів, які визначено за експертними оцінками.

Використання розрахунку ВЖЦ на практиці

На підставі інформації «Інституту проблем природних монополій» щодо результатів проведених розрахунків ВЖЦ для різних видів рухомого складу, можна зробити деякі узагальнення відносно ряду факторів, які ураховують під час аналізу та розрахунків.

Цілі оцінки СЖЦ:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- оптимізація витрат (поточних та одноразових) за строк служби рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту;
- оцінка витрат на використання техніки з урахуванням строку служби;
- вибір найбільш ефективного варіанту придбання та використання рухомого складу.

Під час розрахунку лімітної ціни використововуваного та нового пасажирських вагонів слід враховувати наступні фактори:

- техніко-економічні характеристики типів вагонів, що розглядаються, (проектowanego і такого, що серійно випускається), а саме кількість пасажирських місць; компоновка; вартість, періодичність та тривалість ремонтів);
- ціни на білети на вибрані напрямки у заданий (базовий) період;
- структура парка пасажирських вагонів у заданий момент часу;
- витрати на поточне обслуговування діючого типу вагона;
- вартість поточних та капітальних ремонтів вагонів у депо та на заводі.

Під час розгляду цін на білети враховують індексацію тарифів на перевезення пасажирів у заданий період. На підставі цін на білети та з урахуванням розмірів та строків використання поправочних коефіцієнтів розраховують середньорічні ціни на білети у вибраних напрямках.

Під час розгляду структури парка рухомого складу визначають групи типів вагонів (м'який, купейний, ресторан) та їх кількісний склад за проміжок часу, що розглядається.

Під час визначення витрат на поточні, капітальні, деповські або заводські ремонти приймають тільки прямі виробничі витрати. Так як тип рухомого складу, що знаходиться в обслуговуванні, на розмір загальновиробничих і загальногосподарських витрат не впливає, ці витрати у звіті не враховують.

Крім того, під час розрахунку витрат на всі види ремонтів нових вагонів використовують поправочний коефіцієнт, що відображує збільшення (або зменшення) кількості пасажирських місць у вагоні, що вказує на зменшення (збільшення) об'ємів витрат на одно пасажиромісце в нових вагонах у відношенні до діючих.

За проведеним аналізом показників умов експлуатації вагона, можна з'ясувати, які із розглянутих факторів вносять найбільший вклад у формування лімітної ціни.

Під час розрахунку лімітної ціни використововуваного та нового пасажирського локомотива (тепловоза або електровоза) слід враховувати наступні фактори:

- продуктивність нового локомотива;
- витрати на паливо або електроенергію;
- ремонтні витрати.

Продуктивність найбільш точно відображає якість використання локомотива за потужністю та часом. Чим нижче продуктивність, тим більше одиниць техніки змушений держати в депо споживач й тим більше він понесе витрат на утримання, експлуатацію та ремонт.

При підрахунку витрат на електроенергію слід враховувати наявність на передбаченому маршруті і експлуатації дільниць з змінним струмом та дільниць з постійним струмом, а також технологічні особливості (можливість роботи на дільниці з постійним струмом, змінним струмом, на обох дільницях) використововуваного та нового локомотивів.

При розрахунку лімітної ціни використововуваного та нового вантажного локомотива (тепловоза або електровоза) слід враховувати наступні фактори:

- коефіцієнт потужності локомотива;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ціну палива або електроенергії та мастила;
- ремонтні витрати.

Зміна коефіцієнту потужності означає зміну ваги одного вантажного поїзда, переміщеного даним локомотивом на даній дільниці. Зміна ваги поїзда, в свою чергу, безпосередньо впливає на кількість пар поїздів в сутки, необхідних для перевезення того ж об'єму вантажів, та, таким чином, на потрібний парк локомотивів, а зміна потрібного парку локомотивів впливає на всі інші параметри: й на експлуатаційні, и на ремонтні витрати.

Верхню та нижню границі вартості дизельного палива й мастила розраховують заколюваннями реальних цін на ці матеріали за даний проміжок часу. Безпосередньо для розрахунку лімітної ціни застосовують значення ціни, найбільш близьке до поточного рівня цін в даному проміжку. Верхню та нижню границі вартості використовують у подальшому для аналізу чутливості верхньої границі лімітної ціни й економічного ефекту до ціни на дизельне паливо та мастило.

Під час розрахунку лімітної ціни використовуваного та нового вантажного вагона слід урахувувати наступні фактори:

- вантажопід'ємність;
- вартість деповських ремонтів;
- міжремонтний пробіг;
- дохідна ставка;
- коефіцієнт використання вантажопід'ємності.

Вантажопідйомність – максимально допустиме конструкцією навантаження вагона. Чим вона більше, тим більше продуктивність, тобто кількість перевезених вантажів за одиницю часу без створення загрози для руху поїздів.

Величина міжремонтного пробігу безпосередньо впливає на час простою вагона. Чим воно менше, тим вище економічна ефективність вагона.

Під час розгляду коефіцієнту використання вантажопідйомності слід урахувувати загальну завантаженість маршруту, на якому планується використовувати новий вантажний вагон. Якщо вказаний коефіцієнт росте, то використання нового вагона буде економічно обґрунтовано.

Таким чином, можна стверджувати, що підхід до кожного виду рухомого складу суто індивідуальний та потребує індивідуальних розрахунків. При цьому для збору та обробки даних буде доцільним створення:

- системи інтегрованого логістичного підтримування, яка представляє собою сукупність технологій управління, організаційних, технічних и програмних рішень, яка забезпечує скорочення затрат на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт залізничного рухомого складу у разі дотримання заданих вимог стосовно його готовності до використання за призначенням,

- інтегрованого інформаційного середовища, яке буде охоплювати сукупність розподілених баз даних різних автоматизованих систем, які містять відомості про залізничний рухомий склад від початку його проектування до утилізації, яка забезпечує коректність, актуальність, збереженість та доступність даних суб'єктам виробничо-господарської діяльності, що приймають участь у здійсненні заходів щодо оцінки життєвого циклу залізничного рухомого складу.

Висновки

1 Метою розробки та впровадження методики розрахунку ВЖЦ є заміна використовуваного в даний час принципу розрахунку «витрати плюс» та, як наслідок, ро-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

зширення впровадження інноваційної продукції, підвищення ефективності її експлуатації споживачем.

2 На практиці впровадження цієї методики може супроводжуватись значними труднощами, які викликані рядом причин:

- проблеми адекватного моделювання економічних умов експлуатації різноманітних видів рухомого складу. На економіку експлуатації різних видів рухомого складу впливає безліч економічних та адміністративних факторів, деякі з котрих погано піддаються прогнозуванню;
- недостатнє опрацювання правової основи впровадження методики з оцінки ВЖЦ. Не опрацьовані положення, які мають бути закріплені в договорах на придбання рухомого складу, не визначені механізми виконання договірних умов;
- недостатня зрозумілість корисного ефекту для виробників та споживачів від переходу на дану методику.

3 Слід відмітити, що аналізуючи отримані результати, виробник може визначити для себе головні напрямки розвитку своєї продукції. Наприклад, у випадку розрахунку вантажних вагонів цими напрямками можуть бути: збільшення вантажопід'ємності нового вагона до меж, визначених інфраструктурою, та збільшення міжремонтного пробігу.

Споживач, в свою чергу, може оцінити, на які технічні характеристики нової техніки потрібно звернути увагу під час придбання інноваційного рухомого складу з урахуванням існуючих умов експлуатації парка, та які експлуатаційні показники своєї роботи необхідно поліпшити, щоб отримати максимальний прибуток.

У тому випадку, якщо при формуванні договірної ціни, вона перевищує базову, розрахунок лімітної ціни дозволяє більш точно визначити величину отриманого від перевищення ефекту і провести необхідне коректування.

Оцінку ВЖЦ рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту можна здійснювати на певній та/або на усіх стадіях життєвого циклу. Як правило, аналіз ВЖЦ виконують на етапі придбання – порівняння з аналогом, а також в експлуатації – моніторинг економічних показників, ціллю якого є підтвердження початкових оцінок ВЖЦ рухомого складу.

4 Модель вартості життєвого циклу призначена для складення різноманітних звітів у різних цілях. За її допомогою можна розрахувати ВЖЦ як усього існуючого обладнання та/або системи механізмів, так й його/їх окремих частин. Крім того, методика розрахунку ВЖЦ дає аналітичний інструментарій для дослідження процесу формування ціни на принципово новий рухомий склад.

5 Також є нагальна потреба для збору та обробки статистичних даних щодо показників життєвого циклу рухомого складу у створенні як індивідуальної (у організаціях та підприємствах) так і загальної системи інтегрованого логістичного підтримування та інтегрованого інформаційного середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енциклопедія машинобудування. Обладнання, матеріалознавство, механіка (URL: https://mash-xxl.info/page/1950761361972221621080_77120229005038038068172042/), с. 237-238 (дата звернення 08.11.2022)

2. ДСТУ ГОСТ 31538:2016 (ГОСТ 31538-2012, ІДТ) Цикл життєвий залізничного рухомого складу. Загальні вимоги [Чинний від 2016-10-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 13 с. (Національні стандарти України).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

3. Калабухін Ю.С., Мартинов І.Е., Труфанова А.В. Аналіз експлуатаційних складових економіко-технологічних станів життєвого циклу пасажирських вагонів. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2022. Вип. 24, с. 125-139
4. 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.
5. Зоріна О. І., Калабухін Ю. С., Кошелева Н.М. Методологія визначення вартості життєвого циклу в контексті оцінки інноваційно-інвестиційних проектів тягового рухомого складу залізниць України: монографія / за ред. к.е.н., доц. Ілляшенко Н.С. – Суми: Територія, 2018. – С. 395-404.
6. Калабухін Ю. С. 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.
7. Калабухін Ю. С., Тартаковський Е. Д. Теоретичні положення оновлення тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу. Зб. наукових праць УкрДАЗТ. Х.: УкрДАЗТ. 2009. Вип. 111. С. 106-120.
8. Калабухін Ю.С. Концепція життєвого циклу в теоретичному підході вибору варіанту інвестицій в оновлення парка тягового рухомого складу. Вісник економіки транспорту і промисловості. Харків: УкрДАЗТ. 2018. Вип. 62. С. 241-248.
9. Рудковський О. В. Обґрунтування вибору варіанту оновлення локомотивів з урахуванням життєвого циклу. Зб. наук. праць. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 166. С. 172-179.
10. Рудковський О. В. Теоретичні положення оцінки життєвого циклу модернізації тепловоза. Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2015. №2. С. 130-135.
11. 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.
12. Мямлін С. В., Скалосуб В. В., Мурадян Л. А. Обґрунтування застосування байєсівської моделі для розрахунків показників надійності вантажного вагона на етапах життєвого циклу. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2019. Вип. 184, секція Міцність та надійність вагонів, с. 18
13. Шапошник В.Ю. Міжремонтний ресурс вантажних вагонів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2019. Вип. 184, секція Міцність та надійність вагонів, С. 23-24
14. Фалендиш А. П., Гатченко В. О. Скорочення вартості життєвого циклу рухомого складу за рахунок використання автоматизованих систем. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2019. Вип. 184, Секція системи автоматизації та автоматичного керування експлуатацією, ремонтом та технічним обслуговуванням рухомого складу, С. 57-58
15. «Методика розрахунку економічно обґрунтованих цін на вантажні вагони та комплектувальні до них на підставі оцінки вартості життєвого циклу». – М.: «Інститут проблем природних монополій», 2011 р.
16. «Методика визначення вартості життєвого циклу та лімітної ціни рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту». – М.: «Інститут проблем природних монополій», 2007 р.
17. «Методика розрахунку економічно обґрунтованих цін на нові моделі рухомого складу та складних технічних систем залізничного транспорту». – М.: «Інститут проблем природних монополій», 2009 р.
18. ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 (ГОСТ 15.902-2014, IDT) Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво. [Чинний від 2017-07-11]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 36 с. (Національні стандарти України)
19. Кострикин К., Скок І. «Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава», Журнал «Экономика железных дорог», М. 2012 р.

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>

ANALYSIS OF RAILWAY EQUIPMENT PRICING METHODOLOGY BASED ON LIFE CYCLE COST ASSESSMENT

Advances in technical progress provide more and more advantages for the development of equipment that meets the level of current requirements and consumer expectations. But, at the same time, the presence of several manufacturers of the same product on the market places increased demands on the competitiveness, maintainability, reliability and safety of the new products being created. Modern conditions and processes of development, commissioning, namely operation, maintenance and repair, as well as disposal of rolling stock have not been bypassed. The article analyzes the existing research related to improvement and development of methods for determining the life cycle cost of railway equipment and the methodology of an economically justified price formation for new models of rolling stock on its basis. The possibilities of reducing the cost of the life cycle depending on the type of rolling stock are determined based on the analysis of the cited works and studies. It was established that the most costly stages of the life cycle of railway rolling stock are its development, production and operation. Ways of improvement and the procedure for implementing the developed pricing methodology for railway equipment are given, taking into account the results of the life cycle cost assessment. The stages of the life cycle are considered in detail, namely, the stages of development, production, modernization of railway rolling stock and its components. The main economic indicators (criteria) that are applicable during the life cycle cost assessment are given. Factors of influence depending on the type of rolling stock on such a weighty indicator as the limit price have been established. The advantages of using the pricing methodology based on the life cycle cost assessment have been determined.

Key words: life cycle cost, rolling stock, technical level, life cycle stages – development, production, operation, limit price, total costs.

REFERENCES

- 1 Entsyklopediya mashynobuduvannya. Obladnannya, materialoznavstvo, mekhanika [Encyclopedia of mechanical engineering. Equipment, materials science, mechanics] (URL: https://mash-xxl.info/page/1950761361972221621080_77120229005038038068172042/), pp. 237-238 (date of application 2022.11.08) [in Russian]
- 2 Tsykl zhyttievyy zhalizhnychnoho rukhomoho skladu. Zhahalni vymohy [Live-cycle of railway rolling stock. General requirement] (2016). *DSTU GOST 31538:2016 (GOST 31538-2012, IDT)* from the 1-st of October 2016. Kyiv: DP «UkrNDNTS» Ukraine [in Russian]
- 3 Kalabukhin, Yu. E., Martynov, I.E., & Tufanova, A.V. (2022). Analiz ekspluatatsiynykh skladovykh ekonomiko-tehnolohichnykh staniv zhyttievoho tsykladu pasazhyrskykh vahoniv [Analysis of the operational components of the economic and technological states of the life cycle of passenger cars]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock*, 24, 125-139 [in Ukrainian].
- 4 Tartakovskiy, E.D., Grishchenko, S.G., Kalabukhin, Yu. E., & Falendysh, A. P. (2011). *Metody otsenki zhiznennogo tsykla podvizhnogo sostava zheleznykh dorog* [Methods for assessing the life cycle of rolling stock of railways]. Luhansk: Noulydzh [in Russian].
- 5 Kalabukhin, Yu. E., Zorina, O. I., & Kameneva, N. M. (2018) *Metodolohiia vyznachennia vartosti zhyttievoho tsykladu v konteksti otsinky innovatsiino-investytsiynykh proektiv tiahovoho rukhomoho skladu zalizny' Ukrayiny* [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]. Sumy: Tritoriia. [in Ukrainian].
- 6 Kalabukhin, Yu. E. (2008) Teoretychni polozhennia vyznachennia vartosti zhyttievoho tsykladu

tiahovoho rukhomoho skladu [Theoretical provisions for determining the value of the life cycle of traction rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho 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].

7 Kalabukhin, Yu. E., & Tartakovskiy, E. D. (2009) Teoretychni polozhennia onovlennia tiahovoho rukhomoho skladu z urakhuvanniam zhyttievoho tsykladu [Theoretical provisions for updating the traction rolling stock taking into account the life cycle]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoyi derzhavnoyi akademiy izaliznychnoho transportu – Collection of scientific work of the Ukrainian State Academy of Railway Transport*, 111, 106-120 [in Ukrainian].

8 Kalabukhin, Yu. E. (2018) Kontsepsiya zhyttyevoho tsykladu v teoretychnomu pidkhodi vyboruvariantuinvestytsiy v onovlennyparkatyahovohorukhomohoskladu [The concept of life cycle in the theoretical approach to choosing an investment option in the renewal of the fleet of traction rolling stock]. *Visnykekonomikytransportu i promyslovosti– Bulletin of transport economics and industry*, 62, 241-248 [in Ukrainian].

9 Rudkovsky, O. V. (2016) Obruntuvannia vyboru variant onovlennia lokomotyviv z urakhuvanniam zhyttievoho tsykladu [Rationale for choosing the option of updating locomotives taking into account the life cycle]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu – Collection of scientific papers of Ukrainian State University of Railway Transport*, 166, 172-179 [in Ukrainian].

10 Rudkovsky, O.V (2015) Teoretychni polozhennia otsinky zhyttievoho tsykladu modernizatsii teplovoza [Theoretical provisions for assessing the life cycle of locomotive modernization]. *Visnyk Cherkaskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu – Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 2, 130-135 [in Ukrainian].

11 Tkachenko, V.V. (2014) Teoretychni polozhennia zabezpechennia investytsiinoho rozvytku lokomotyvnoho hospodarstva na osnovi vartosti zhyttievoho 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].

12 Myamlin, S. V., Skalozub, V. V., & Muradian, L.A. (2019) Obruntuvannia zastosuvannya baiiesivskoi modeli dlia rozrakhunkiv pokaznykiv nadiinoshti vantazhnoho vahona na etapakh zhyttievoho tsykladu [The rationale for the application of the bayesian model for calculating the reliability indicators of a freight car at the stages of its life cycle] *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu – Collection of scientific papers of Ukrainian State University of Railway Transport*, 184, 18 [in Ukrainian]

13 Shaposhnyk, V. Yu. (2019) Mizhremontnyi resurs vantazhnykh vahoniv [The inter-repair resource of freight cars] *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayin'koho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu – Collection of scientific papers of Ukrainian State University of Railway Transport*, 184, 23-24 [in Ukrainian].

14 Falendish, A. P., & Gatchenko, V. O. (2019). Skorochennia vartosti zhyttievoho tsykladu rukhomoho skladu za rakhunok vykorystannia avtomatyzovanykh system [Reduction of the value of the life cycle of the mobile composition on the calculation of the use of automated systems] *Zbirnyk naukovykh prats Ukrayinskoho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu – Collection of scientific papers of Ukrainian State University of Railway Transport*, 184, 57-58 [in Ukrainian]

15 *Metodyka rozrakhunku ekonomichno obruntovanykh tsin na vantazhni vahony ta komplektu valnidonykh na pidstavi otsinky vartosti zhyttievoho tsykladu [Methodology for calculating economically justified prices for freight cars and components on the basis of life cycle cost assessment]*. (2011). Moscow: «Instytut problem pryrodnykh monopolii» [in Russian].

16 *Metodyka vyznachennia vartosti zhyttievoho tsykladu ta limitnoi tsiny rukhomoho skladu ta skladnykh tekhnichnykh system zaliznychnoho transportu» [Methodology for determining the cost of the life cycle and the limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport]*. (2007). Moscow: «Instytut problem pryrodnykh monopolii» [in Russian].

17 *Metodyka rozrakhunku ekonomichno obruntovanykh tsin na novi modeli rukhomoho skladu ta skladnykh tekhnichnykh system zaliznychnoho transportu [Methodology for calculating economically justified prices for new models of rolling stock and complex technical systems of railway transport]* (2009). Moscow: Instytut problem pryrodnykh monopolii [in Russian].

18 Systema rozroblennia ta postanovlennia prodyktsii 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] *DSTU GOST 15.902:2017 (GOST 15.902-2014, IDT) from the 11-th of July 2017*. Kyiv: DP «UkrNDNTS» Ukraine [in Russian].

19 Kostrikin, K., & Skok I. (2012). Stoimost zhiznennogo tsikla zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava» [Life cycle cost of railway rolling stock]. *Ekonomika zheleznykh dorog – Economics of railways*. M. [in Russian].

О.М. Сафронов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

Ю.Я. Водянніков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6111-7128>

Д.І. Єськов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-8950>

С.В. Кукін

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua,
ORCID: <https://orcid.org/0000-003-1323-8205>

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРА ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Запропоновано алгоритм визначення передаточного числа важільної передачі гальмівної системи вантажного вагона в залежності від: початкової швидкості гальмування, осевого навантаження і гальмівного шляху вантажного поїзда. Алгоритм складається з двох етапів: на першому визначається дійсний коефіцієнт сили натиснення гальмівної колодки на колесо, на другому - передаточне число важільної передачі. У статті наведено математичний інструментарій для визначення дійсного коефіцієнта сили натиснення гальмівних колодок в залежності від гальмівного шляху вантажного поїзда. У якості математичного інструментарію використовуються універсальні формули у вигляді статичної залежності між дійсним коефіцієнтом сили натиснення і величиною гальмівного шляху вантажного поїзда.

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Єськов Д.І., Кукін С.В., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Коефіцієнти універсальних формул отримані шляхом комп'ютерного моделювання. Наведено таблицю значень коефіцієнтів для визначення дійсних сил натиснення за заданим гальмівним шляхом або гальмівним шляхом за величиною коефіцієнта сили натиснення в залежності від осьового навантаження вагона та швидкості на початку гальмування.

На численних прикладах показано, що похибка використання універсальних формул не перевищує 0,5 % порівняно з розрахунковим методом. Для автоматизації визначення передаточного числа розроблено програму в EXCEL. Програма дозволяє визначати передаточне число важільної передачі гальма вантажного вагона за заданим значенням одного параметра – гальмівного шляху вантажного поїзда. Показано, що результати програми мають задовільну збіжність з результатами розрахункових досліджень. Наведено таблицю значень передаточних чисел важільних передач гальмівних систем вантажних вагонів, за яких забезпечуються граничні допустимі характеристики гальмівної ефективності вантажних поїздів за ГОСТ 34434-2018.

Ключові слова: гальмівна ефективність, вантажний вагон, гальмівний шлях, осьове навантаження, дійсний коефіцієнт, передавальне число важеля.

О.М. Сафронов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

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

Д.И. Еськов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-8950>

С.В. Кукин

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua,

ORCID: <https://orcid.org/0000-003-1323-8205>

АЛГОРИТМ ВИБОРА ПАРАМЕТРА РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Предложен алгоритм определения передаточного числа тормозной рычажной передачи грузового вагона в зависимости от начальной скорости торможения, осевой нагрузки и тормозного пути грузового поезда.

Алгоритм состоит из двух этапов: на первом определяется действительный коэффициент силы нажатия тормозной колодки на колесо, на втором - передаточное число рычажной передачи. В статье приведен математический инструментарий для определения действительного коэффициента силы нажатия тормозных колодок, удовлетворяющий заданному значению тормозного пути грузового поезда. В качестве математического инструментария используются универсальные формулы в виде степенной зависимости между действительным коэффициентом силы нажатия и величиной тормозного пути грузового поезда. Коэффициенты универсальных формул получены на основе компьютерного моделирования. Приведена таблица значений коэффициентов для определения действительных сил нажатия по заданному тормозному пути или тормозного пути по величине коэффициента силы нажатия в зависимости от осевой нагрузки вагона и скорости в начале торможения. На многочисленных примерах показано, что погрешность использования универсальных формул не превышает 0,5 % по сравнению с расчетным методом по ГОСТ 34434-2018. Для автоматизации определения передаточного числа разработана программа EXCEL. Программа позволяет определять передаточное число рычажной передачи тормоза грузового вагона по заданному значению одного параметра – тормозного пути грузового поезда. Показано, что результаты программы имеют хорошее совпадение с результатами расчетных исследований. Представлена таблица значений передаточных чисел грузовых вагонов, при которых обеспечиваются предельные допустимые характеристики тормозной эффективности грузовых поездов по ГОСТ 34434-2018.

Ключевые слова: тормозная эффективность, грузовой вагон, тормозной путь, осевая нагрузка, действительный коэффициент, передаточное число рычага.

Вступ. Проектування та розрахунок гальмівних систем для типових вантажних вагонів з осьовим навантаженням 230,5 кН здійснюється відповідно до методик і правил [1–4], в яких викладено основні регламентуючі характеристики гальм щодо забезпечення гальмівної ефективності вантажних поїздів. Гальмівна ефективність вантажних вагонів з композиційними та чавунними гальмівними колодками оцінюється за мінімальними допустимими величинами розрахункових коефіцієнтів сили натиснення гальмівних колодок, а також за розрахунковими силами натиснення композиційних колодок на вісь у перерахунку на чавунні [1, 2, 5]. Крім того, максимальні допустимі швидкості руху вантажних поїздів обмежуються єдиним найменшим гальмівним натисненням композиційних колодок у перерахунку на чавунні на кожні 100 т ваги поїзда [5, 6]. Параметри важеля і передавальні числа гальмівної системи обираються, залежно від типу вантажного вагона, відповідно до інструкції [7]. Для орієнтовного визначення гальмівного шляху вантажних поїздів, залежно від величини розрахункових коефіцієнтів, використовуються таблиці та номограми [2, 5].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. Подальший розвиток вантажного вагонобудування шляхом створення вантажних вагонів з підвищеними осьовими навантаженнями від 245,25 кН до 294,3 кН і допустимими швидкостями руху до 160 км/год включно зумовило прийняття ГОСТ 34434-2018, в якому викладені нові правила розрахунку гальм та вимоги до гальмівної ефективності вантажних поїздів [8]. При цьому гальмівна система повинна забезпечувати ефективність, яка забезпечує зупинку вантажного поїзда в межах нормативного гальмівного шляху та забезпечувати нормативний коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок (табл. 1) [8].

Мінімальна допустима розрахункова сила натиснення композиційних гальмівних колодок на вісь в перерахунку на чавунні колодки (тс) залежно від максимальної допустимої швидкості руху вагону у складі поїзда і навантаження від колісної пари на рейки для навантаженого і порожнього вагонів приведені в таблицях 2 і 3.

Таблиця 1. Вимоги до типу та ефективності гальмівних систем вантажних вагонів

Параметр		Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона у складі поїзда, км/год						
		до 90 включ.	в. 90 до 100 включ.	в. 100 до 120 включ.	в. 120 до 140 включ.		в. 140 до 160 включ.	
Тип гальма (за принципом управління)		п	п	п	п	е	п	е
Гальмівний шлях (м), не більше	для навантажених вагонів	1060	1040	1200	1340	1130	1720	1470
	для порожніх вагонів	720	890	1200	1340	1130	1720	1470
Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних гальмівних колодок	для навантажених вагонів	0,14	0,18	0,25	0,30		—	—
	для порожніх вагонів	0,22	0,22	0,25	0,28		—	—
<p><i>Примітки:</i></p> <p>1. Усі значення гальмівних шляхів приведені для ділянок залізничної колії з нульовим ухилом. Гальмівні шляхи для значень швидкості понад 140 до 160 км/год включно уточнюються при проектуванні. Знак "-" означає, що параметр не застосовують;</p> <p>2. В рядку "Тип гальма" символом "п" позначено пневматичне гальмо, символом "е" - електропневматичне гальмо.</p>								

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. Мінімальна допустима розрахункова сила натиснення композиційних гальмівних колодок на вісь у перерахунку на чавунні колодки (тс) для завантаженого вагона

Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона у складі поїзда, км/год	Навантаження від колісних пар на рейки, т						
	до 18,0 включ.	в. 18,0 до 20,5 включ.	в. 20,5 до 21,5 включ.	в. 21,5 до 23,5 включ.	в. 23,5 до 25,0 включ.	в. 25,0 до 27,0 включ.	в. 27,0 до 30,0 включ.
До 90 включ.	6,0	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
Св. 90 до 100 включ.	8,5	9,5	10,0	10,5	11,5	—	—
Св. 100 до 120 включ.	11,0	12,5	13,0	14,5	—	—	—
Св. 120 до 140 включ.	14,0	16,0	—	—	—	—	—
Св. 140 до 160 включ.	14,5	—	—	—	—	—	—

Таблиця 3. Мінімальна допустима розрахункова сила натиснення композиційних гальмівних колодок на вісь у перерахунку на чавунні колодки (тс) для порожнього вагону

Максимальна допустима швидкість руху вантажного вагона у складі поїзда, км/год	Навантаження від колісних пар на рейки, т						
	до 5 включ.	в. 5 до 6 включ.	в. 6 до 7 включ.	в. 7 до 8 включ.	в. 8 до 9 включ.	в. 9 до 10 включ.	в. 10 до 11 включ.
до 90 включ.	3	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
в. 90 до 100 включ.	3	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
в. 100 до 120 включ.	3	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
в. 120 до 140 включ.	4	5,0	5,5	6,5	7,0	8,0	8,5
в. 140 до 160 включ.	4	5,0	5,5	6,5	7,0	8,0	8,5

Основна особливість вимог до гальмівної ефективності полягає в тому, що в критерії гальмівної ефективності уперше введені максимальні допустимі гальмівні

шляхи вантажного поїзда на площадці залежно від швидкості на початку гальмування, причому значення гальмівних шляхів є єдиними для усього діапазону осьових навантажень (230,5 - 294,3) кН (див. таблицю 1).

Викладені в [8] правила гальмівних розрахунків вантажних вагонів, мають принципові відмінності від правил розрахунку [1–4]. Основні відмінності полягають в тому, що гальмівний шлях вантажного поїзда розраховується за дійсними силами натиснення гальмівних колодок і дійсними коефіцієнтами тертя з урахуванням аналітичної залежності зміни дійсної сили натиснення гальмівних колодок на колеса вантажного поїзда в процесі гальмування.

В той же час, слід зазначити, що оцінювальною характеристикою гальмівних шляхів вантажного поїзда є дійсний коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок на колеса.

Мета та завдання дослідження. Відсутність нормативних значень дійсних коефіцієнтів сили натиснення гальмівних колодок на колеса (далі дійсний коефіцієнт сили натиснення) в нових правилах [8], за яких забезпечуються нормативні максимальні допустимі значення гальмівних шляхів вантажних поїздів, викликає невизначеність в рішенні вказаної задачі і не дозволяє визначати оптимальні характеристики гальма для заданих умов гальмівної ефективності.

Невизначеність полягає в тому, що вибір коефіцієнта дійсної сили натиснення і характеристик важільної передачі (передатного числа) гальмівної системи вантажного вагона доводиться виконувати методом перебору великої кількості варіантів.

Тому, метою роботи є розробка алгоритму для визначення передатного числа важільної передачі гальмівної системи і дійсного коефіцієнта сили натиснення, що забезпечують нормативні вимогам до гальмівної ефективності.

Матеріали і методи дослідження.

Алгоритм складається з двох етапів: на першому визначається дійсний коефіцієнт сили натиснення, другий полягає у визначенні передатного числа важільної передачі.

1 Визначення дійсного коефіцієнта сил натиснення гальмівних колодок

Відомо, що гальмівний шлях і визначальні його величину параметри (дійсні коефіцієнти, питомі гальмівні сили, коефіцієнти тертя, коефіцієнти зчеплення колеса з рейкою та ін.) знаходяться в зворотній залежності гіперболічного типу [9, 10], що дозволяє функціональну залежність між вказаними параметрами представити у вигляді залежності:

$$A = c \cdot B^d, \quad (1)$$

де коефіцієнти c та d підлягають визначенню.

Формула (1) може бути представлена у вигляді:

$$A = \exp(\ln c + d \cdot \ln B) \quad (2)$$

На підставі формул (1) і (2) залежність дійсного коефіцієнта сили натиснення від значення гальмівного шляху вантажного поїзда та гальмівного шляху від значення дійсного коефіцієнта при фіксованій швидкості на початку гальмування визначаються математичними виразами:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\delta_{\partial}(V_0) = c_{\partial}(V_0) \cdot S(V_0)^{d_{\partial}(V_0)}, \quad (3)$$

$$\delta_{\partial}(V_0) = \exp(\ln c_{\partial}(V_0) + d_{\partial}(V_0) \cdot \ln S(V_0)), \quad (4)$$

$$S(V_0) = c_s(V_0) \cdot \delta_s(V_0)^{d_s(V_0)}, \quad (5)$$

$$S(V_0) = \exp(\ln c_s(V_0) + d_s(V_0) \cdot \ln \delta_s(V_0)), \quad (6)$$

де V_0 - швидкість на початку гальмування, км/год;

δ_{∂} - дійсний коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок на колеса;

S - гальмівний шлях, м;

$c_{\partial(s)}(V_0)$ та $d_{\partial(s)}(V_0)$ - коефіцієнти рівнянь (3) – (6);

Коефіцієнти $c_{\partial(s)}(V_0)$ та $d_{\partial(s)}(V_0)$ рівнянь (3) – (6) визначаються статистичним методом [9] та мають вигляд:

- для визначення дійсного коефіцієнта сили натиснення за величиною гальмівного шляху:

$$c_{\partial}(V_k) = \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2} \right) \quad (7)$$

$$d_{\partial}(V_k) = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \ln(\delta_i(V_k)) - \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2} \quad (8)$$

- для визначення гальмівного шляху за значенням дійсного коефіцієнта сили натиснення:

$$c_s(V_k) = \exp \left(\frac{\sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(\delta_i(V_k)))^2} \right) \quad (9)$$

$$d_s(V_k) = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \ln(\delta_i(V_k)) - \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(\delta_i(V_k)))^2} \quad (10)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де $S_i(V_k)$ і $\delta_i(V_k)$ - масиви значень дійсних коефіцієнтів і відповідних їм гальмівних шляхів вантажного поїзда за швидкості на початку гальмування V_k , які отримані шляхом рішення диференціального рівняння вантажного поїзда при гальмуванні методом Рунге-Кутте четвертого порядку з урахуванням зміни сили натиснення гальмівних колодок у процесі руху (рис. 1) [2, 4].

Значення коефіцієнтів $c_{d(s)}(V_0)$ та $d_{d(s)}(V_0)$ у формулах (3) – (6) наведені в табл. 4.

Рекомендується розрахункові дослідження виконувати у середовищі EXCEL, використовуючи формулу «СТУПЕНЯ», що дозволяє автоматизувати процес обчислення характеристик (рис. 2).

Аналогічні значення можуть бути отримані аналітичним методом із застосуванням формул (4) та (6).

Для ілюстрації, визначимо дійсний коефіцієнт сили натиснення аналітичним методом за наступних умов: гальмівний шлях поїзда – 992 м; швидкість початку гальмування 90 км/год; осьове навантаження 245,3 кН.

Коефіцієнти рівняння (4) обираються за табл. 4: $c(90) = 78657,7$; $d(90) = -1,5798$, для яких дійсний коефіцієнт сили натиснення дорівнюватиме:

V, год	Дійсний коефіцієнт сили натиснення / Гальмівний шлях вантажного поїзда, м															
	1,24	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34	...	1,96	1,98	2,00	...	2,14	2,16	2,18	2,20	2,22
20	81	80	80	79	79	78	...	68	68	67	...	66	66	65	65	65
30	154	153	152	151	150	149	...	126	126	125	...	122	122	121	121	120
40	250	248	246	244	242	240	...	200	199	199	...	193	192	191	191	190
50	370	367	363	360	357	354	...	291	289	288	...	279	278	277	276	274
60	514	509	504	500	495	491	...	398	396	394	...	381	379	378	376	374
70	683	676	669	663	657	651	...	524	521	518	...	500	497	495	493	490
80	877	868	859	851	843	835	...	667	663	659	...	635	632	629	626	623
90	1097	1085	1074	1064	1053	1043	...	828	823	818	...	787	783	779	775	772
100	1343	1328	1315	1301	1288	1275	...	1007	1001	995	...	957	952	947	942	937
110	1614	1597	1580	1563	1548	1532	...	1205	1198	1190	...	1144	1138	1131	1126	1120
120	1911	1890	1870	1851	1832	1813	...	1421	1412	1404	...	1348	1340	1333	1326	1319
130	2233	2209	2185	2162	2140	2118	...	1656	1645	1635	...	1569	1561	1552	1543	1535
140	2581	2553	2525	2498	2472	2447	...	1909	1897	1885	...	1808	1798	1788	1778	1768

Рис. 1. Масиви значень дійсних коефіцієнтів і гальмівних шляхів вантажного поїзда.

Таблиця 4. Значення коефіцієнтів для визначення дійсного коефіцієнта сили натиснення та гальмівного шляху

V_0 , км/год	$\delta_o(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}$		V_0 , км/год	$S(V_0)_{експ} = c(V_0) \cdot \delta_o(V_0)^{d(V_0)}$	
	$c(V_0)$	$d(V_0)$		$c(V_0)$	$d(V_0)$
1	2	3	4	5	6
Осьове навантаження 230,5кН (23,5 тс)					
90	66556,7	-1,5579	90	1246,7	-0,63997
100	149113,1	-1,6283	100	1498,7	-0,60801
120	624339,9	-1,7496	120	2053,8	-0,57204
Осьове навантаження 245,3 кН (25 тс)					
90	78657,7	-1,5798	90	1253,9	-0,6289
100	182576,3	-1,6548	100	1511,9	-0,6044
120	612987,6	-1,7438	120	2061,5	-0,5623

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 4

Осьове навантаження 264,9 кН (27 тс)					
1	2	3	4	5	6
90	61709,6	-1,5422	90	1275,8	-0,6447
100	209969,7	-1,6715	100	1520,2	-0,5902
120	916865,9	-1,7964	120	2076,8	-0,5529
Осьове навантаження 294,3 кН (30 тс)					
90	75973,8	-1,5681	90	1295,8	-0,6381
100	317759,9	-1,7260	100	1540,0	-0,5788
120	1528367,4	-1,8623	120	2102,8	-0,5417

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

Осьове навантаження 23,5 тс									
V, км/год	[S]	c(V)	d(v)	δд	V, км/год	δд	c(V)	d(v)	S
90		66556,7	-1,5579	0,000	90		1246,7	-0,6400	0,0
100		149113,1	-1,6283	0,000	100		1498,7	-0,6080	0,0
120		624339,9	-1,7496	0,000	120		2053,8	-0,5720	0,0
Осьове навантаження 25 тс									
90	992	78657,7	-1,5798	1,451	90	1,451	1253,9	-0,6289	992,0
100		182576,3	-1,6548	0,000	100		1511,9	-0,6044	0,0
120		612987,6	-1,7438	0,000	120		2061,5	-0,5623	0,0

Рис. 2. Використання EXCEL для визначення дійсних коефіцієнтів та відповідних їм гальмівних шляхів вантажного поїзда.

$$\delta_d = \exp(\ln(78657,7) + (-1,5798) \cdot \ln(950)) = \exp(11,273 - 10,9) = \exp(0,3726) = 1,451$$

Розрахунок гальмівної ефективності при заданих значеннях, виконаний за методикою ГОСТ 34434-2018 [8] (рис. 3), показав задовільну збіжність з результатами отриманими за допомогою коефіцієнтів, так дійсні коефіцієнти склали відповідно 1,452 та 1,45, гальмівні шляхи - 992,4 м та 992 м.

2 Визначення передаточного числа важельної передачі вантажного вагона при заданих параметрах гальмівної ефективності

Дійсна сила натиснення на одну колодку визначається за формулою [1 – 4, 8]:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$K_{\delta} = \frac{\kappa}{m} \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{ц}} - (P_{\text{ц}} + \mathcal{J}_{\text{нр}} \cdot l_{\text{ум}}) - (P_{\text{р}} + \mathcal{J}_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}) \cdot n_{\text{р}} \right) \cdot n \cdot \eta_{\text{рн}}. \quad (11)$$

де d - ефективна площа гальмівного циліндра, м²;

$p_{\text{ц}}$ - розрахунковий тиск у гальмівному циліндрі, кПа;

$P_{\text{ц}}$ - сила попереднього стиску внутрішньої відпускної пружини гальмівного циліндра, кН;

$\mathcal{J}_{\text{нр}}$ - жорсткість відпускної пружини гальмівного циліндра, кН/м;

$l_{\text{ум}}$ - вихід штока гальмівного циліндра, м;

$P_{\text{р}}$ - попереднє стиснення пружини автоматичного регулятора важеля, кН.

$\mathcal{J}_{\text{р}}$ - жорсткість пружини автоматичного регулятора важеля, кН;

$l_{\text{р}}$ - величина стиснення пружини автоматичного регулятора важеля при гальмуванні, м;

$n_{\text{р}}$ - передаточне число приводу автоматичного регулятора;

n - передаточне число важільної передачі;

$\eta_{\text{рн}}$ - к.к.д. важільної передачі, $\eta_{\text{рн}} = 0,95$;

$\eta_{\text{ц}}$ - к.к.д. гальмівного циліндра, $\eta_{\text{ц}} = 0,98$;

m - кількість гальмівних колодок;

κ - кількість гальмівних циліндрів.

Для визначення дійсного коефіцієнта сили натискання (δ_{δ}) використовується формула [1, 2, 8]:

$$\delta_{\delta} = \frac{K_{\delta} \cdot m}{P_{\text{сп}} + T}, \quad \text{кН / т}, \quad (12)$$

де, $P_{\text{сп}}$ - маса вантажу, т;

T - маса вагона, т.

Перетворюючи формулу (11) з урахуванням формули (12), отримаємо формулу для визначення передаточного числа з урахуванням дійсного коефіцієнта сили натискання:

$$n = \frac{\delta_{\delta} \cdot (P_{\text{сп}} + T)}{\kappa \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_{\text{ц}} \cdot \eta_{\text{ц}} - (P_{\text{ц}} + \mathcal{J}_{\text{нр}} \cdot l_{\text{ум}}) - (P_{\text{р}} + \mathcal{J}_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}) \cdot n_{\text{р}} \right) \cdot \eta_{\text{рн}}} \quad (13)$$

Формула (13) може бути спрощена, якщо її розбити на окремі фрагменти:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$n = \frac{SK}{\kappa \cdot (KC - KO - KR) \cdot \eta_{pn}}, \quad (14)$$

де $SK = \delta_\delta \cdot (P_{zp} + T)$ - сумарна сила натискання гальмівних колодок;

$$KC = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_{\zeta} \cdot \eta_{\zeta} - \text{сила, що діє на поршень гальмівного циліндра};$$

$KO = P_{\zeta} + \mathcal{J}_{np} \cdot l_{umt}$ - протидіюча сила відпускної пружини гальмівного циліндра;

$KR = (P_p + \mathcal{J}_p \cdot l_p) \cdot n_p$ - протидіюча сила автоматичного регулятора, яка приведена до штока гальмівного циліндра.

Вихідні дані		Результати розрахунку	
модель вагона	7017-05	Обчислені за новими правилами	
інтервальний крок часу гальмування	0,1	Порожній	Навантаж
Початкова швидкість для навантаженого поїзда, км / год	90	Зусилля стиснення відпускної пружини тц, кН	1,033 1,033
Початкова швидкість для порожнього поїзда, км / год	100	Зусилля пружини авторегулятора, кН	0,513 0,513
параметри вагона		Дійсна сила натиснення на колодку, кН	6,647 18,075
Сила тяжіння вагона, тс	24,5	Розрахункова сила натиснення на колодку, кН	7,384 17,598
Сила тяжіння вантажу, тс	75,100	Розрахунковий гальмівний коефіцієнт, тс/т	0,246 0,144
Число гальмівних колодок на вагоні	8,000	Дійсний гальмівний коефіцієнт, кН/т	2,171 1,452
Число гальмівних колодок колісної пари	2,000	Безрозмірний дійсний гальмівний коефіцієнт, тс/т	0,221 0,148
Число гальмівних циліндрів	2,000	осьове навантаження, тс	6,13 24,90
Параметри гальмівного циліндра		Гальмівна ефективність	
Діаметр поршня, м	0,254	Швидкість на початку гальмування, км / год	100 90
Жорсткість пружини, кН / м	2,300	Гальмівний шлях, м	782,1 992,4
Зусилля попереднього стиснення пружини, кН	0,883	Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,645 0,375
ККД гальмівного циліндра	0,980	Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	782,4 992,1
композиційні колодки		Сила натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні	3,95 9,33
тиск в гальмівному циліндрі, кПа	навантажений 300	<i>Для довідки</i>	
	порожній 130	Гальмівний шлях поїзда при розрахунковому коефіцієнті	1006,5
Передавальне відношення важеля передачі	5,7	Перерахунок на чавунні колодки в навантаженому стані поїзда	
Вихід штока гальмівного циліндра, м	навантажений 0,065		
	порожній 0,065	Перерахунок на чавунні колодки в порожньому стані поїзда	
параметри авторегулятора			
Зусилля попереднього стиснення, кН	0,883		
Жорсткість пружини, кН / м	20,8		
Величина стиснення при гальмуванні, м	0,010		
Передавальне відношення (композиційні колодки)	0,470		
Передавальне відношення (чавунні колодки)	0,560		
ККД важеля передачі	0,950		

Рис. 3. Розрахунок гальмівної ефективності вантажного поїзда за методикою ГОСТ 34434-2018 [8]

Із застосуванням формул (3) та (5) були отримані мінімальні значення дійсних коефіцієнтів сили натиснення композиційних колодок, за яких гальмівні шляхи вантажного поїзда відповідають максимальним допустимим значенням (рис. 4).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$\delta_o(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}$					$S(V_0)_{\text{експ}} = c(V_0) \cdot \delta_o(V_0)^{d(V_0)}$						
V, км/ч	[S]	c(V)	d(v)	δд	V, км/ч	δд	c(V)	d(v)	S	[S]	Δ
Осьове навантаження 230,5 кН (23,5 тс)											
90	1060	66556,7	-1,5579	1,289	90	1,289	1246,7	-0,6400	1059,8	1060	0,015%
100	1040	149113,1	-1,6283	1,823	100	1,823	1498,7	-0,6080	1040,1	1040	0,011%
120	1200	624339,9	-1,7496	2,558	120	2,558	2053,8	-0,5720	1200,0	1200	0,001%
Осьове навантаження 245,3 кН (25 тс)											
90	1060	78657,7	-1,5798	1,307	90	1,307	1253,9	-0,6289	1059,6	1060	0,042%
100	1040	182576,3	-1,6548	1,857	100	1,857	1511,9	-0,6044	1040,0	1040	0,000%
120	1200	612987,6	-1,7438	2,617	120	2,617	2061,5	-0,5623	1200,1	1200	0,011%
Осьове навантаження 264,9 кН (27 тс)											
90	1060	61709,6	-1,5422	1,333	90	1,333	1275,8	-0,6447	1060,1	1060	0,012%
100	1040	209969,7	-1,6715	1,902	100	1,902	1520,2	-0,5902	1040,0	1040	0,005%
120	1200	916865,9	-1,7964	2,697	120	2,697	2076,8	-0,5529	1200,0	1200	0,003%
Осьове навантаження 294,3 кН (30 тс)											
90	1060	75973,8	-1,5681	1,370	90	1,370	1295,8	-0,6381	1060,0	1060	0,002%
100	1040	317759,9	-1,7260	1,971	100	1,971	1540,0	-0,5788	1040,0	1040	0,001%
120	1200	1528367,4	-1,8623	2,817	120	2,817	2102,8	-0,5417	1200,0	1200	0,004%

Рис. 4. Мінімальні значення дійсних коефіцієнтів сили натиснення, для яких гальмівні шляхи поїзда відповідають нормативним значенням

Вибір передаточного числа важільної передачі вантажного вагона, а також визначення дійсного коефіцієнта або гальмівного шляху повністю автоматизовано із застосуванням програмного комплексу EXCEL.

Для роботи з програмою достатньо задати у відповідну графу таблиці гальмівний шлях вантажного поїзда, а отриманий дійсний коефіцієнт скопіювати в окремих осередок (рис. 5).

$\delta_o(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}$					$S(V_0)_{\text{експ}} = c(V_0) \cdot \delta_o(V_0)^{d(V_0)}$					$\delta д = 1,451$	
V, км/ч	[S]	c(V)	d(v)	δд	V, км/ч	δд	c(V)	d(v)	S	Обчислення передавального числа	
Осевая нагрузка 23,5 тс											
90		66556,7	-1,5579	0,000	90	0,000	1246,7	-0,6400	0,0	$SK = \delta_o \cdot Q_{sp}$ 144,57	
100		149113,1	-1,6283	0,000	100	0,000	1498,7	-0,6080	0,0		
120		624339,9	-1,7496	0,000	120	0,000	2053,8	-0,5720	0,0		
Осевая нагрузка 25 тс											
90	992,0	78657,7	-1,5798	1,451	90	1,451	1253,9	-0,6289	992,0	$KC = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_n \cdot \eta_n$ 14,90	
100		182576,3	-1,6548	0,000	100	0,000	1511,9	-0,6044	0,0		
120		612987,6	-1,7438	0,000	120	0,000	2061,5	-0,5623	0,0		
Осевая нагрузка 27 тс											
90		61709,6	-1,5422	0,000	90	0,000	1275,8	-0,6447	0,0	$KO = P_p + K_{sp} \cdot l_{sp}$ 1,0325	
100		209969,7	-1,6715	0,000	100	0,000	1520,2	-0,5902	0,0		
120		916865,9	-1,7964	0,000	120	0,000	2076,8	-0,5529	0,0		
Осевая нагрузка 30 тс											
90		75973,8	-1,5681	0,000	90	0,000	1295,8	-0,6381	0,0	$KR = (P_p + K_{sp} \cdot l_{sp}) \cdot \eta_p$ 0,51277	
100		317759,9	-1,7260	0,000	100	0,000	1540,0	-0,5788	0,0		
120		1528367,4	-1,8623	0,000	120	0,000	2102,8	-0,5417	0,0		

Рис. 5. Визначення передаточного числа гальмівної передачі вантажного вагона для швидкості 90 км/год, гальмівного шляху вантажного поїзда 992 м і осевого навантаження 25 тс

Для ілюстрації визначення передаточного числа, у якості першого прикладу, використовуються дані виконаного раніше розрахунку напіввагону (див. рис. 2).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Порівняльний аналіз показав практично повну збіжність значень передаточних чисел при розрахунку та за запропонованим алгоритмом (див. рис. 5).

Як другий приклад, визначено передаточне відношення важільної передачі для гальмівного шляху вантажного поїзда 1000 м за швидкості 100 км/год і з осьовим навантаженням вагонів 23,5 тс. Розрахунок за запропонованою методикою показав, що при цьому дійсний коефіцієнт сили натиснення становить 1,944 кН/т, а передаточне відношення – 7,2 (рис. 6)

$\delta_0(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{0.95}$		$S(V_0)_{\text{max}} = c(V_0) \cdot \delta_0(V_0)^{0.95}$		$\delta_d = 1,944$	
$V, \text{ км/ч}$	S	$c(V)$	$d(v)$	$V, \text{ км/ч}$	S
Осьова навантаження 23,5 тс					
90		66556,7	-1,5579	90	0,000
100	1000	149113,1	-1,6283	100	1,944
120		624339,9	-1,7496	120	0,000
Осьова навантаження 25 тс					
90		78657,7	-1,5798	90	0,000
100		182576,3	-1,6548	100	0,000
120		612987,6	-1,7438	120	0,000
Осьова навантаження 27 тс					
90		61709,6	-1,5422	90	0,000
100		209969,7	-1,6715	100	0,000
120		916865,9	-1,7964	120	0,000
Осьова навантаження 30 тс					
90		75973,8	-1,5681	90	0,000
100		317759,9	-1,7260	100	0,000
120		1528367,4	-1,8623	120	0,000

Параметри гальмівної системи		Обчислення передавального числа	
Маса вагона з вантажем, т	94	$SK = \delta_d \cdot Q_{op}$	
Число гальмівних колодок на вагоні	8		182,71
Число гальмівних колодок колісної пари	2	$KC = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_s \cdot n_p$	
Число гальмівних циліндрів	2		1,0325
Параметри тормозного циліндра			
Діаметр поршня, м	0,254	$KR = (P_p + K_p \cdot J_p) \cdot n_p$	0,51277
Жорсткість пружини, кН/м	2,3		
Зусилля попереднього стиснення пружини, кН	0,883		
ККД гальмівного циліндра	0,98		
тиск в гальмівному циліндрі, кПа	300		
Вихід штока гальмівного циліндра, м	0,065		
Параметри авторегулятора			
Зусилля попереднього стиснення, кН	0,883		
Жорсткість пружини, кН/м	20,8		
Величина стиснення при гальмуванні, м	0,01		
Передавальне відношення (композиція)	0,47		
ККД важеля передачі	0,95		
		$n = \frac{SK}{\kappa \cdot (KC - KO - KR)} \cdot \eta_m$	7,20

Рис. 6. Визначення передаточного числа гальмівної передачі вантажного вагона за швидкості 100 км/год, гальмівному шляху вантажного поїзда 1000 м і осьовому навантаженні 23,5 тс

Вихідні дані		Результати розрахунку	
модель вагона		Обчислені за новими правилами	
інтервальний крок часу гальмування	0,1	Композиційні	
Початкова швидкість для навантаженого поїзда, км / год	100	Порожній	Навантаж.
Початкова швидкість для порожнього поїзда, км / год	100	Зусилля стиснення відпускної пружини тц,	1,033
параметри вагона		Зусилля пружини авторегулятора, кН	0,513
Сила тяжіння вагона, тс	23	Дійсна сила натиснення на колодку, кН	8,396
Сила тяжіння вантажу, тс	71,000	Розрахункова сила натиснення на колодку,	9,121
Число гальмівних колодок на вагоні	8,000	Розрахунковий гальмівний коефіцієнт, тс/т	0,323
Число гальмівних колодок колісної пари	2,000	Дійсний гальмівний коефіцієнт, кН/т	2,921
Число гальмівних циліндрів	2,000	Безрозмірний дійсний гальмівний коефіцієнт	0,298
Параметри гальмівного циліндра		осьове навантаження, тс	5,75
Діаметр поршня, м	0,254	Гальмівна ефективність	
Жорсткість пружини, кН / м	2,300	Швидкість на початку гальмування, км / го	100
Зусилля попереднього стиснення пружини, кН	0,883	Гальмівний шлях, м	648,4
ККД гальмівного циліндра	0,980	Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,856
композиційні колодки		Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	648,8
тиск в гальмівному циліндрі, кПа	навантажений 300	Сила натиснення композиційних колодок на вісь в в перерахунку на чавунні	4,92
	порожній 130	Для довідки	
Передавальне відношення важеля передачі	7,2	Гальмівний шлях поїзда при розрахунковому коефіцієнті	1016,9
Вихід штока гальмівного циліндра, м	навантажений 0,065	Перерахунок на чавунні колодки в навантаженому стані поїзда	
	порожній 0,065		
параметри авторегулятора		Перерахунок на чавунні колодки в порожньому стані поїзда	
Зусилля попереднього стиснення, кН	0,883		
Жорсткість пружини, кН / м	20,8		
Величина стиснення при гальмуванні, м	0,010		
Передавальне відношення (композиційні колодки)	0,470		
Передавальне відношення (чавунні колодки)	0,560		
ККД важеля передачі	0,950		

Рис. 7. Розрахунок гальмівної ефективності вантажного поїзда за методикою ГОСТ 34434-2018 [8]

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Порівняльний аналіз отриманих результатів (див. рис. 6) з розрахунковими дослідженнями (рис. 7) показав, що дійсні коефіцієнти сили натиснення збігаються, а гальмівні шляхи (1000 м та 998,5 м) відрізняються на 0,15%.

За результатами проведених досліджень була розроблена підсумкова таблиця, що відображає характеристики гальмівної ефективності вантажних поїздів при швидкостях на початку гальмування до 120 км/год включно та осьових навантаженнях від 230,5 (23,5 тс) до 294,3 кН (30 тс) (рис. 8).

<i>Гальмівна ефективність вантажного поїзда</i>			
<i>маса вагона з вантажем - 94 т, осьове навантаження - 230,5 кН (23,5 тс)</i>			
Передавальне число важеля	4,8	6,7	9,5
Швидкість на початку гальмування, км / год	90 км / год	100 км / год	120 км / год
Гальмівний шлях, м	1060,6	1038,4	1193,0
Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,343	0,467	0,633
Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	1060,3	1038,2	1193,2
Сила натиснення на вісь в в перерахунку на чавунні, тс	8,07	10,98	14,87
<i>маса вагона з вантажем - 100 т, осьове навантаження - 245,3 кН (25 тс)</i>			
Передавальне число важеля	5,2	7,3	10,3
Швидкість на початку гальмування, км / год	90 км / год	100 км / год	120 км / год
Гальмівний шлях, м	1057,4	1039,6	1193,0
Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,345	0,467	0,634
Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	1057,1	1040,1	1193,2
Сила натиснення на вісь в в перерахунку на чавунні, тс	8,63	11,68	15,85
<i>маса вагона з вантажем - 108 т, осьове навантаження - 264,9 кН (27 тс)</i>			
Передавальне число важеля	5,7	8,1	11,5
Швидкість на початку гальмування, км / год	90 км / год	100 км / год	120 км / год
Гальмівний шлях, м	1060,6	1036,5	1189,0
Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,343	0,470	0,638
Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	1060,3	1036,3	1189,5
Сила натиснення на вісь в в перерахунку на чавунні, тс	8,07	12,70	17,23
<i>маса вагона з вантажем - 120 т, осьове навантаження - 294,3 кН (30 тс)</i>			
Передавальне число важеля	6,5	9,3	13,3
Швидкість на початку гальмування, км / год	90 км / год	100 км / год	120 км / год
Гальмівний шлях, м	1059,4	1036,3	1189,0
Розрахунковий коефіцієнт чавунних колодок	0,346	0,471	0,640
Гальмівний шлях при чавунних колодках, м	1059,1	1036,7	1189,1
Сила натиснення на вісь в в перерахунку на чавунні, тс	10,38	14,13	19,20

Рис. 8. Характеристики гальмівної ефективності вантажних поїздів

Висновки.

1. Запропонована методика, із застосуванням універсальних формул, дозволяє виконувати багатоваріантні розрахунки на вибір оптимальних параметрів

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

гальмівної системи вантажних вагонів для заданих вимог гальмівної ефективності вантажного поїзда.

2. Похибка розрахункових досліджень за універсальними формулами, порівняно з розрахунковими дослідженнями за методикою [8], не перевищує 0,5 %.

3. Використання програмного комплексу EXCEL дозволяє автоматизувати процес розрахункових досліджень гальмівної ефективності вантажного поїзда за новими правилами.

4. Дослідження функціонування складних систем за допомогою моделювання їх роботи на ЕОМ допомагає скоротити час та кошти на розробку, а результати моделювання за своєю цінністю для практичного вирішення завдань часто наближаються до результатів натурного експерименту.

5. Слід зазначити, що формалізація технічних завдань та застосування ЕОМ багаторазово прискорюють типові, масові розрахунки, підвищують точність та скорочують трудомісткість, дозволяють проводити багатоваріантні конструкційні обґрунтування складних систем, недоступні за панування "ручної" технології.

6. Завдяки застосуванню методу моделювання значно посилюються можливості конкретного кількісного аналізу; вивчення багатьох чинників, які впливають на технічні процеси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г. 319 с.
2. Гребенюк, Долганов А.Н, Скворцова А.И. Тяговые расчеты : Справочник под ред. П. Т. Гребенюка. М: Транспорт, 1987. 272 с.
3. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов : М: Транспорт, 1971. 57 с.
4. Гребенюк П. Т. Правила тормозных расчетов: М: Интекст, 2004. 112 с.
5. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2002. 143 с.
6. №ЦВ-0011. Нормативи по гальмам. Київ: 1998. 18 с.
7. ЦВ-ЦЛ-0013 Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: 2005.160 с.
8. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), принят 30 октября 2018 г. (протокол № 113-П), Москва, Стандартинформ, 2018. 64 с.
9. Э.Н.Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул : Высшая школа, 1988. 239 с.
10. Сафронов А. М., Водяников Ю.Я., Макеева Е.Г. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования: монография. Кременчуг: ГП «УкрНИИВ», 2018. 173 с.
11. Водяников Ю. Я., Сафронов А.М., Макеева Е.Г. Методология расчетных и экспериментальных исследований тормозной эффективности пассажирских вагонов с применением математических моделей и компьютерного моделирования (монография). Кременчуг: ГП «УкрНИИВ», 2017 г. 287 с.

O.M. Safronov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-03-24, E-mail: safronov.am84@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5865-7756>

Yu.Ya. Vodiannikov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

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

D.I. Yeskov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-8950>

S.V. Kukin

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua,

ORCID: <https://orcid.org/0000-003-1323-8205>

ALGORITHM FOR SELECTING THE BRAKE GEAR PARAMETERS OF FREIGHT CARS BRAKE SYSTEM

An algorithm is proposed for determining the gear ratio of a brake linkage of a freight car depending on the initial braking speed, axial load and braking distance of a freight train. The algorithm consists of two stages: at the first stage, the actual coefficient of the wheel -brake pad pressing force is determined, at the second one is the gear ratio of the brake lever. The article provides a mathematical toolkit for determining the actual coefficient of brake pads pressure force depending on the braking distance of a freight train. As a mathematical tool, universal formulas are used in the form of a static relationship between the effective coefficient of pressure force and the amount of braking distance of the freight train. The coefficients of universal formulas are obtained by computer simulation. The given values of the coefficients for determining the actual pressing forces for a given braking distance or braking distance by the magnitude of the pressing force coefficient depending on the axial load of the car and the speed at the beginning of braking are presented in the table.

Numerous examples show that the error in using universal formulas does not exceed 0.5% compared to the calculation method according to HOST 34434-2018. To automate the determination of the gear ratio, the EXCEL program has been developed. The program allows determining the gear ratio of the lever transmission of a freight car brake by a given value of one parameter, i.e., the braking distance of a freight train. It is demonstrated that the program output matches the results of computational studies. A table of the values of the gear ratios of freight cars, which provide the maximum permissible characteristics of the braking efficiency of freight trains according to HOST 34434-2018, is given.

Key words. baking efficiency, freight car, braking distance, axle load, effective coefficient, gear ratio of the brake lever

REFERENCES

1. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznyh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh) [Norms for the calculation and design of railway carriages of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled)]* (1996). GosNIIV-VNIIZhT [in Russian]
2. Grebenyuk P.T., Dolganov A.N., Skvortsova A.I. (1987). *Tyagovyye raschety: Spravochnik [Traction calculations: Handbook]*. P. T. Grebenyuk (Ed.). Moscow: Transport [in Russian]
3. Inozemtsev, V.G., Grebenyuk P.T. (1971). *Normy i metody rascheta avtotormozov [Norms and methods for calculating automatic brakes]*. Moscow: Transport [in Russian]
4. Grebenyuk P. T. (2004). *Pravila tormoznyh raschetov [Rules for brake calculations]*. Moscow: Intekst [in Russian]
5. *Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznitsiakh Ukrainy [Instructions for the operation of the rolling stock brakes on the railways of Ukraine]*. (2002). *TsT-TsV-TsL-0015143*. Kyiv: Transport Ukrainy [in Ukrainian]
6. *Normatyvy po halmam [Standards for brakes]*. *TsV-0011* [in Ukrainian]
7. *Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vagoniv [Instructions for the repair of brake equipment of railway cars]* (2005). *TsV-TsL-0013*. Kyiv [in Ukrainian]
8. *Tormoznyie sistemy gruzovyh zheleznodorozhnyh vagonov. Tehnicheskie trebovaniya i pravila rascheta [Braking systems of railway freight cars. Technical requirements and calculation rules]*. (2018). *GOST 34434-2018 from the 30-th October 2018*. Moscow: Standartinform [in Russian]
9. Lvovskiy E.N. (1988). *Statisticheskie metody postroeniya empiricheskikh formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian]
10. Safronov A. M., Vodyannikov Yu.Ya., Makeeva E.G. (2018). *Tormoznaya effektivnost gruzovyh vagonov. Metodologiya raschetnyih i eksperimentalnyih issledovaniy s ispolzovaniem matematicheskikh modeley i kompyuternogo modelirovaniya [Braking efficiency of freight cars. Methodology of computational and experimental studies using mathematical models and computer simulation]* *Monograph*. Kremenchuk: SE "UkrNIIV" [in Russian]
11. Vodyannikov Yu. Ya., Safronov A.M., Makeeva E.G. (2017). *Metodologiya raschetnyih i eksperimentalnyih issledovaniy tormoznoy effektivnosti passazhirskih vagonov s primeneniem matematicheskikh modeley i kompyuternogo modelirovaniya [Methodology of computational and experimental studies of the braking efficiency of passenger cars using mathematical models and computer simulation]*. *Monograph*. SE "UkrNIIV" [in Russian].

УДК 629.4.023.11.004.64: 001.891.5 DOI: 10.47675/2304-6309-2022-25-115-128

С. А. Чебуров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

Н. Г. Гаврилова

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

ПОРІВНЯННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНИХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ГОСТ Р 51685-2013 ТА СТ РК 2432-2013. ПЕРЕВІРКА ЇХ ВІДПОВІДНОСТІ ДСТУ 4344:2004

ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» освоїв випробування рейок звичайних для залізниць широкої колії. В статті надано визначення терміну рейка (залізнична рейка). Перелічені нормативні документи, що містять вимоги до рейок, що використовуються на залізницях України. Для порівняльних досліджень представлена залізнична продукція двох закордонних виробників, що виготовляється серійно за національними стандартами ГОСТ Р 51685-2013 та СТ РК 2432-2013. Рейки, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] можуть бути нетермозміцненими та поверхнево зміцненими, а виготовлені за СТ РК 2432-2013 [3] – нетермозміцненими та диференційно зміцненими. Представлено аналіз характеристик об'єктів випробувань, визначених ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» (геометричні розміри, якість поверхні, маркування, неруйнівний контроль відсутності внутрішніх дефектів, хімічний склад, механічні властивості, твердість матеріалу рейок, контроль макроструктури, мікроструктури, забрудненості сталі неметалевими вкрапленнями, копрові міцність та залишкові напруження) під час випробувань з метою сертифікації рейок залізничних, що виготовлені підприємствами АТ «ЕВРАЗ НТМК» і ТОВ «АРБЗ» у період із 2018 по 2020 рр., а також результатів випробувань, проведених іншими випробувальними центрами (геометричні розміри, якість поверхні, хімічний склад, механічні властивості, твердість матеріалу рейок, контроль макроструктури, мікроструктури, контроль забрудненості сталі неметалевими вкрапленнями, копрові міцність, залишкові напруження та експлуатаційні показники) і аналіз технічної документації.

© Чебуров С. А., Гаврилова Н. Г., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Представлено висновки за результатами проведених досліджень: за перевіреними параметрами рейки залізничні, виготовлені за національними стандартами ГОСТ Р 51685-2013 та СТ РК 2432-2013, на підприємствах АТ «ЕВРАЗ НТМК» і ТОВ «АРБЗ», відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004. Вимоги щодо експлуатаційних випробувань в ДСТУ 4344:2004 відсутні. Наведено перелік літератури (технічної документації), використаної під час написання роботи.

Ключові слова: рейки залізничні, випробування

С. А. Чебуров

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

Н. Г. Гаврилова

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина
Телефон: (05366) 6-11-80, chebserana@gmail.com
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬС ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ГОСТ Р 51685-2013 И СТ РК 2432-2013. ПРОВЕРКА ИХ СООТВЕТСТВИЯ ДСТУ 4344:2004

ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ» освоил испытания рельс обычных для железных дорог широкой колеи. В статье представлено определение термина рельс (железнодорожный рельс). Перечислены нормативные документы, содержащие требования к рельсам, которые используются на железных дорогах Украины. Для сравнительных исследований представлена железнодорожная продукция двух зарубежных производителей, изготавливаемая серийно по национальным стандартам ГОСТ Р 51685-2013 и СТ РК 2432-2013. Рельсы, изготовленные по ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] могут быть не термоупрочненными и поверхностноупрочненными, а изготовленные по СТ РК 2432-2013 [3] – не термоупрочненными и дифференциально упрочненными. Представлено анализ характеристик объектов испытаний, определенных ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ» (геометрические размеры, качество поверхности, маркировка, неразрушающий контроль отсутствия внутренних дефектов, химический состав, механические свойства, твердость материала рельс, контроль макроструктуры, микроструктуры, загрязненности стали неметаллическими включениями, копровая прочность и остаточные напряжения) при испытаниях с целью сертификации рельс железнодорожных, изготовленных предприятиями

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

АО «ЕВРАЗ НТМК» и ООО «АРБЗ» в период с 2018 по 2020 гг., а также результаты испытаний, проведенных другими испытательными центрами (геометрические размеры, качество поверхности, химический состав, механические свойства, твердость материала рельса, контроль макроструктуры, микроструктуры, контроль загрязненности стали неметаллическими включениями, копровая прочность, остаточные напряжения и эксплуатационные показатели) и анализ технической документации. Представлено выводы о результатах проведенных исследований: по проверенным параметрам рельсы железнодорожные, изготовленные по национальным стандартам ГОСТ Р 51685-2013 и СТ РК 2432-2013, на предприятиях АО «ЕВРАЗ НТМК» и ООО «АРБЗ», соответствуют требованиям ДСТУ 4344:2004. Требования о эксплуатационных испытаниях в ДСТУ 4344:2004 отсутствуют. Приведено перечень литературы (технической документации), использованной при написании работы.

Ключевые слова: рельсы железнодорожные, испытания

У 2018 році випробувальний центр продукції вагонобудування та ливарного виробництва для вагонобудування ДП «УкрНДІВ» (ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ») освоїв випробування нового виду продукції – рейки звичайні для залізниць широкої колії, на відповідність вимогам ДСТУ4344:2004 «Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови» [1].

Рейки, або залізничні рейки – складова рейкової колії, сталеві балки спеціального (як правило, двотаврового) перерізу, виготовлені з вуглецевої сталі, які укладаються на шпали або інші опори для утворення, зазвичай, двониткового шляху, по якому рухається рухомий склад залізничного транспорту. Рейки застосовуються як напрямні для коліс транспорту, а також для приймання та розподілу навантаження. Там, де залізничний транспорт не може пересуватися без електротяги, наприклад, метро, рейки виступають ще і в якості провідника електрики.

Загальний вигляд рейки показаний на рисунку 1.



Рис. 1. Загальний вигляд рейки

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Рейки, що випробовувалися, виготовлялися за державним стандартом Російської Федерації ГОСТ Р 51685-2000 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» [2], який розповсюджується на залізничні рейки, що призначені для ланкового та безстикowego шляху залізниць і для виробництва стрілкових переводів, а також за національним стандартом Республіки Казахстан СТ РК 2432-2013 «Рельсы железнодорожные дифференцированно упрочненные и нетермоупрочненные. Общие технические условия» [3], який розповсюджується на залізничні рейки типів Р50, Р65, Р65К (для зовнішніх ниток кривих ділянок шляху), Р75 диференційно зміцнені й нетермозміцнені, що застосовуються для укладки на залізницях широкої колії.

Рейки, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ГОСТ Р 51685-2000 [2] можуть бути нетермозміцненими та поверхнево зміцненими, а виготовлені за СТ РК 2432-2013 [3] – нетермозміцненими та диференційно зміцненими (різне зміцнення за елементами перерізу рейки). Вигляд поперечного перерізу рейок наведено на рисунку 2.

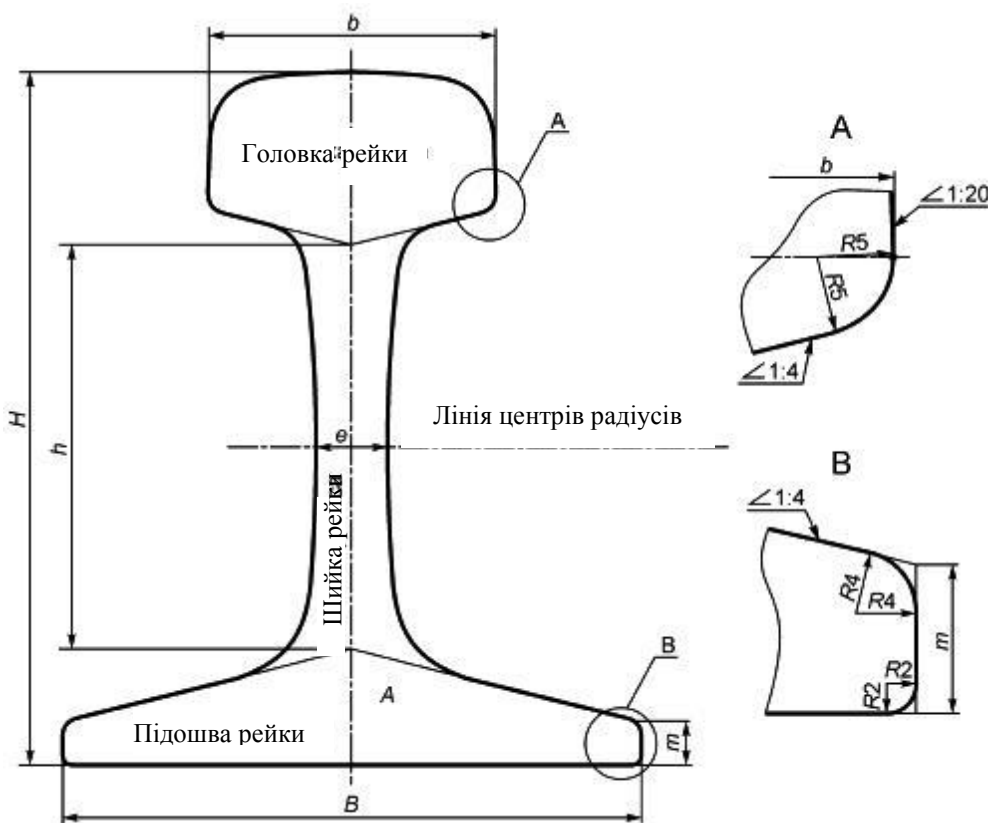


Рис. 2. Поперечний переріз рейки

Аналіз результатів сертифікаційних випробувань рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЄВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф: Р65, категорії І, кресленик № 00186269-089 [4]; Р65, ка-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тегорії III, кресленик № 00186269-099 [5]; P50, категорії III, кресленик № 00186269-095 [6].

Випробування з метою сертифікації проведені на шести зразках рейок, по дві рейки кожного типу. Результати випробувань наведені в протоколах № С-6.7/2144у-2018 [7], № С-6.7/2145у-2018 [8] та № С-6.7/2146у-2018 [9] від 25 травня 2018 р.

Геометричні розміри, якість поверхонь та маркування зразків рейок відповідають вимогам креслеників №№ 00186269-089 [4], 00186269-099 [5], 00186269-095 [6] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Під час неруйнівного контролю зразків рейок ультразвуковим методом, внутрішніх дефектів (розшарування (залишки усадкової раковини і підусадкової рихлості), внутрішні тріщини, п'ятниста ліквация, темні та світлі кірочки, чужорідні неметалеві і шлакові включення) не виявлено – відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макро- і мікроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразків рейок, виробництва АТ «ЕВРАЗ НТМК» встановлено:

- матеріал зразків, сталь К76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі: сорбітоподібний перліт із дрібними розрізненими ділянками фериту згідно ГОСТ 8233[10]; бейніт відсутній згідно МИ 102-184-277-2016 [11] – відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- макроструктура сталі: дендритна структура та незначна ліквация в шийці, відповідає допустимим значенням згідно ТК 142-332-2018[12], флокени відсутні – відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (довжина неметалевих включень у вигляді витягнутих уздовж напрямку прокатки строчок глинозему, нітридів титану і ванадія, глинозему, цементованого силікатами, а також довжина строчок крихкозруйнованих складних окислів) відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004[1].

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копривої міцності зразків рейок – злам та ознаки руйнування відсутні, відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Залишкові напруження (розходження крайок паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі) відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Аналіз технічної документації та результатів випробувань рейок Р65, виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф, кресленик №КБ.0001[13].

Експертною комісією ДП «УкрНДІВ» проведена експертиза технічної документації на рейки залізничні типу Р65 (далі – рейки), а також результати приймальних випробувань рейок, кресленик № КБ.0001 [13], виробництва ТОВ «АРБЗ», які проведені випробувальним центром ТОВ «Казахстанський центр сертифікації на залізничному транспорті» (ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ»), експлуатаційних випробувань які проведені випробувальним центром залізничної техніки Акціонерного товариства «Науково-дослідний інститут залізничного транспорту» (ВЦ АТ «ВНИИЖТ») і випро-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

бувань з метою сертифікації рейок, які проведені випробувальним центром продукції вагонобудування і ливарного виробництва для вагонобудування ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ».

Результати експертизи:

Експертиза технічної документації

СТ РК 2432-2013 [3] розповсюджується на залізничні рейки типів P50, P65, P65K (для зовнішніх ниток кривих ділянок залізниці), P75 диференційно зміцнені та нетермозміцнені, що призначені для укладання на залізницях широкої колії.

Надана конструкторська документація – кресленик КБ.0020[14] – розроблена та затверджена встановленим порядком.

Вимоги СТ РК 2432-2013 [3] та кресленника КБ.0020 [14] на виготовлення, стосовно конструктивного виконання, основних геометричних розмірів, якості поверхні, хімічного складу і механічних властивостей сталі, вимог до макроструктури, неметалевих включень і мікроструктури сталі, маркування відповідають вимогам ДСТУ4344:2004 «Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови» [1].

Обсяг характеристик (показників) рейок, який встановлений методикою випробувань СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 [15], є достатнім для оцінювання їх відповідності вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленника КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Випробування, результати яких наведені в протоколі приймальних випробувань №11 [16] від 23 березня 2016 р. з додатком № 1 від 25 березня 2016 р. проведені випробувальним центром ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ». Випробування проведені у повному обсязі, який встановлений методикою випробувань СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 [15].

Робоча методика РМ 32-02-16 [17] визначення працездатності залізничних рейок розроблена у відповідності до типової методики СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 «Рельсы железнодорожные широкой колеи. Типовая методика определения работоспособности железнодорожных рельсов широкой колеи» [18] розроблена та затверджена випробувальним центром ВЦ АТ «ВНИИЖТ», погоджена з ТОВ «КазЦСЖТ».

Результати експлуатаційних випробувань з визначення показника працездатності рейок (вірогідності безвідмовної роботи), результати яких наведені в протоколі сертифікаційних випробувань № 44 [19] від 28 жовтня 2016 р., протоколі полігонних випробувань [20] та проміжному звіті [21] від 11 лютого 2020 р., які проведені випробувальним центром ВЦ АТ «ВНИИЖТ». Випробування проведені у повному обсязі, який встановлений робочою методикою РМ 32-02-16 [17] та типовою методикою СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 [18].

Випробування, результати яких наведені в протоколах сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 [22] і № С-6.7/0018у-2020 [23] від 18 березня 2020 р., проведені випробувальним центром ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ», виконані у повному обсязі, який встановлений ДСТУ 4344:2004 [1].

Аналіз результатів приймальних випробувань

Приймальні випробування проведені на шести зразках рейок, кресленик № КБ.0001 [13] (аналог кресленника КБ.0020 [14]), виробництва ТОВ «АРБЗ». Результати випробувань наведені в протоколі № 11 [16] від 23 березня 2016 р.

Геометричні розміри та якість поверхонь зразків рейок відповідають вимогам кресленника КБ.0020 [14], СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макро- і мікроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразка рейок, виробництва ТОВ «АРБЗ» встановлено:

- матеріал зразків, сталь E76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі перлітно-феритна: пластинчастий перліт не вище бала 3 (за шкалою 1 ГОСТ 8233 [10]), розрізненні ділянки фериту – бал 1 (за шкалою 7 ГОСТ8233 [10]);

- макроструктура сталі відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1]: флокени, розшарування, тріщини, кірочки, плямиста ліквация чужорідні метали та шлакові включення – відсутні; ліквация, точкова неоднорідність, ліквацийні смужки – відповідають додатку Ж СТ РК 2432-2013 [3];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (за діаметрами окремих та довшою рядкових глобулярних включень) відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3], кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копривої міцності зразків рейок – злам та тріщини відсутні, відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Залишкові напруження зумовлюють розходження паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі, на величину 1,2 мм, що відповідає вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та ДСТУ 4344:2004 [1].

Показники експлуатаційної надійності рейок, під час стендових випробувань, відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3]:

- границя витривалості під час випробувань повнопрофільних проб – не менше 390 МПа;

- циклічна довговічність, під час випробувань на втому зразків із рейок на розтягнення-стискання, за постійної амплітуди повної деформації $0,00135 - 5 \times 10^6$ циклів;

- швидкість зростання втомної тріщини, під час випробувань зразків із рейок, при розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $\Delta K = 10 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2} - 6,5 \text{ м}/10^9$ циклів;

- швидкість зростання втомної тріщини, під час випробувань зразків із рейок, при розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень $\Delta K = 13,5 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2} - 22,7 \text{ м}/10^9$ циклів;

- тріщиностійкість (статична) за результатами випробувань трьох зразків із рейок, K_{1c} : мінімальна – $37,3 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$, середня – $38,1 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$;

- циклічна тріщиностійкість, $K_{fc} - 38,2 \text{ МПа} \times \text{м}^{1/2}$;

- залишкові напруження в середній частині підшви рейки – $177,0 \text{ Н}/\text{мм}^2$.

Аналіз результатів експлуатаційних випробувань

У зв'язку з тим, що вимоги до експлуатаційних випробувань нормативних документів СТ РК 2432-2013 [3] і ГОСТ Р 51685-2013 [2] ідентичні, то сертифікаційні експлуатаційні полігонні випробування проводилися на експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ» за методиками РМ 32-02-16 [17] та

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 [18] у відповідності до ГОСТ Р 51685-2013 [2], а потім на даному полігоні продовжилися наступні випробування на надійність рейок або безвідмовність їх роботи до визначення гама-відсоткового напрацювання рейок до відмови при гама, рівної 80 %.

Експлуатаційні випробування рейок проводилися за природніх погодних умов при впливі вантажного потягу з електровозом 2ЭВ120, чотиривісними напіввагонами з постійним навантаженням на вісь (210–265) кН, швидкість руху по ділянці – (60–70) км/год. Впродовж всього періоду випробувань контролювався стан рейок: зовнішні дефекти та пошкодження рейок визначалися візуально, розміри дефектів фіксувалися ручними засобами вимірювань, наявність внутрішніх дефектів контролювалась із використанням дефектоскопних візків.

За результатами роботи, викладеними в протоколі сертифікаційних випробувань № 44 [19] від 28 жовтня 2016 р. рейки виробництва ТОВ «АРБЗ» пройшли експлуатаційні випробування до напрацювання тоннажу 150 млн. т. брутто на експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ», без вилучення зі шляху дефектних рейок. Гама-відсоткове напрацювання, після пропуску 150 млн. т. брутто, склало 100 %.

З метою оцінки надійності (ресурсу) і безвідмовної роботи рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, категорія ДТ350 (аналог І категорії за ДСТУ 4344-2004 [1]), під час тривалої експлуатації, був укладений договір з АТ «ВНИИЖТ» на продовження роботи з оцінки гама-відсоткового ресурсу до напрацювання 1 млрд. т. брутто рейок.

На той час, із травня 2016 р. по лютий 2020 р., на Експериментальному кільці АТ «ВНИИЖТ», дані рейки типу Р65 категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ», пройшли експлуатаційне напрацювання до 900 млн. т. брутто.

Результати випробувань рейок типу Р65 категорії ДТ350 до 900 млн. т. брутто представлені в протоколі полігонних випробувань [20] та проміжному звіті [21] від 11 лютого 2020 р.

За результатами випробувань під час напрацювання 900 млн. т. брутто:

- стан шляху ділянки з рейками типу Р65, категорії ДТ350 відповідає оцінці «добре».

- стан рейкової колії після пропуску тоннажу 900 млн. т. брутто:

- середнє значення колії складає 1523,6 мм;

- середнє значення підняття зовнішніх рейок над внутрішніми складає 50 мм;

- середнє значення підхилення рейок на всій ділянці складає 1/18,7 та 1/19,6 по зовнішній і внутрішній ниткам відповідно.

Середні величини зносу рейок від початку укладання до напрацювання 900 млн. т. брутто склали:

- бокового зносу по зовнішній нитці – 1,1 мм, інтенсивність спрацювання 0,12мм / 10млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 15 мм);

- вертикального зносу по зовнішній нитці – 1,6 мм, інтенсивність спрацювання 0,18мм / 10 млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 6 мм);

- вертикального зносу по внутрішній нитці – 1,5 мм, інтенсивність спрацювання 0,17мм / 10 млн. т. брутто (норматив на вилучення рейок по боковому зносу складає 6 мм).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

За час експлуатації до напрацювання 900 млн. т. брутто було вилучено 3 рейки ТОВ «АРБЗ». Дослідження вилучених рейок установило, що виникнення та розвиток дефектів пов'язані з експлуатацією і дані рейки не враховували під час розрахунку гама-відсоткового ресурсу (вилучення 3 рейок відбулося після переукладання рейок із 2-го на 3-й кільцевий шлях експериментального кільця АТ «ВНИИЖТ», що обумовлено якістю укладання рейок).

Вірогідність безвідмовної роботи рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» при напрацюванні 900 млн. т. брутто складає 100 % (при нормативній величині 80 %).

Випробування рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» продовжуються до напрацювання 1 млрд. т. брутто.

ТОВ «АРБЗ» продовжило договір з АТ «ВНИИЖТ» з оцінки надійності (ресурсу) рейок типу Р65, категорії ДТ350, виробництва ТОВ «АРБЗ» (аналог І категорії за ДСТУ 4344-2004 [1]), до 1,5 млрд. т. брутто і з наступним продовженням до досягнення рейками, що випробовуються, 80 % гама-відсоткового ресурсу (очікуваний ресурс 2 млрд. т. брутто).

Аналіз результатів сертифікаційних випробувань

Випробування з метою сертифікації проведені на трьох зразках рейок, кресленик КБ.0020 [14], виробництва ТОВ «АРБЗ». Результати випробувань наведені в протоколах сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 [22] і № С-6.7/0018у-2020 [23] від 18 березня 2020 р.

Геометричні розміри, якість поверхонь та маркування зразків рейок відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14], та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами ультразвукового контролю на наявність внутрішніх дефектів рейки відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14], та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами визначення хімічного складу, механічних властивостей, макроструктури та забрудненості неметалевими включеннями сталі зразка рейок, виробництва ТОВ «АРБЗ» встановлено:

- матеріал зразків, сталь Е76Ф, за хімічним складом і механічними властивостями відповідає вимогам, кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1];

- мікроструктура сталі перлітно-феритна: пластинчастий перліт не вище бала 3 (за шкалою 1 ГОСТ 8233 [10]), розрізненні ділянки фериту – бал 1 (за шкалою 7 ГОСТ 8233 [10]), бейніт та мартенсит – відсутні;

- макроструктура сталі відповідає вимогам кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1]: флокени, розшарування (залишки усадкової раковини і підусадкової крихкості), внутрішні тріщини, плямиста ліквіація, темні і світлі кірочки, чужорідні неметалеві і шлакові вкраплення – відсутні; ліквіація, точкова неоднорідність, ліквіаційні смужки – відповідають додатку Ж СТ РК 2432-2013 [3];

- забрудненість сталі неметалевими включеннями (за діаметрами окремих та довшиною строчкових глобулярних включень) відповідає вимогам кресленика КБ.0020 та ДСТУ 4344:2004.

Визначені значення твердості на поверхні катання та за перерізом рейок відповідають вимогам кресленика КБ.0020 [14] та ДСТУ 4344:2004 [1].

За результатами контролю копривої міцності зразків рейок – злам і ознаки руйнування відсутні, що відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Залишкові напруження зумовлюють розходження паза, що отримується розрізанням шийки рейкової проби вздовж її нейтральної осі, що відповідає вимогам ДСТУ 4344:2004 [1].

Висновки

Сертифікаційні випробування зразків рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЄВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф: Р65, категорії I, кресленик № 00186269-089 [4]; Р65, категорії III, кресленик № 00186269-099 [5]; Р50, категорії III, кресленик № 00186269-095 [6] підтверджують, що їх показники відповідають вимогам ДСТУ 4344:2004 [1] та конструкторської документації.

Технічна документація та результати випробувань рейок Р65, виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф, кресленик № КБ.0001 [13]:

- надана конструкторська документація – кресленик КБ.0020 [14], розроблена, погоджена та затверджена встановленим порядком;

- приймальні випробування зразків рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, категорія ДТ350 (аналог I категорії ДСТУ 4344-2004 [1]), які виготовлені ТОВ «АРБЗ» підтверджують, що їх показники та характеристики відповідають вимогам СТ РК 2432-2013 [3] та конструкторської документації;

- технологія виготовлення рейок на ТОВ «АРБЗ», із безперервнолитої заготовки, зі сталі марки Е76Ф, забезпечує виконання вимог, щодо хімічного складу механічних властивостей, макро- і мікроструктури, неметалевих включень, СТ РК 2432-2013 [3] та конструкторської документації;

- експертиза представлених доказових документів про експлуатаційні випробування рейок типу Р65, марки сталі Е76Ф, категорії ДТ350 (аналог I категорії ДСТУ 4344-2004 [1]), виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3], показує, що підприємством виробником цих рейок – ТОВ «АРБЗ» забезпечується гарантована вірогідність безвідмовної їх роботи під час напруження 900 млн. т. бруто та говорить про якість, надійність і належну безпеку експлуатації аналогічного типу рейок, марки сталі Е76Ф, I категорії, виготовлених ТОВ «АРБЗ» за ДСТУ 4344-2004 [1].

- обсяг даних за результатами експлуатаційних випробувань рейок типу Р65, марка сталі Е76Ф, виробництва ТОВ «АРБЗ», представлених в доказових документах для експертного висновку, є достатнім для проведення експертної оцінки експлуатаційної надійності рейок та для визначення необхідності повторних кваліфікаційних випробувань на ділянках шляху АТ «Укрзалізниця».

- сертифікаційні випробування зразків рейок Р65, категорії I, кресленик КБ.0020 [14], виробництва ТОВ «АРБЗ» підтверджують, що їх показники відповідають вимогам ДСТУ4344:2004 [1] та конструкторської документації.

Результати проведених ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» випробувань є позитивними як для рейок, виготовлених за ГОСТ Р 51685-2000 [2] та ДСТУ 4344:2004 [1] на підприємстві АТ «ЄВРАЗ НТМК», зі сталі К76Ф так і для рейок виготовлених за СТ РК 2432-2013 [3] на підприємстві ТОВ «АРБЗ», зі сталі Е76Ф. Але, оскільки технологія виготовлення рейок на підприємстві ТОВ «АРБЗ» є відмінною від сталої, напрацьованої, було проведено більш ґрунтовні дослідження їх якісних показників.

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що за основними характеристиками, які впливають на функціональне призначення, рейки Р65, кате-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

горії I, що виготовлені за ДСТУ 4344:2004 [1], ідентичні рейкам Р65, категорії ДТ350, що виготовляються серійно підприємством ТОВ «АРБЗ» за СТ РК 2432-2013 [3].

Вимоги щодо експлуатаційних випробувань наведених типів рейок, для можливості порівняння працездатності (вірогідності безвідмовної їх роботи) та експлуатаційної надійності на базі ВЦ ПВ ДП «УкрНДІВ» та АТ «Укрзалізниця», в ДСТУ4344:2004 [1] – відсутні.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4344:2004 Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови. 30 с.
2. ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия». 118 с.
3. СТ РК 2432-2013 «Рельсы железнодорожные дифференцированно упрочненные и нетермоупрочненные. Общие технические условия». 94 с.
4. Кресленик № 00186269-089 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
5. Кресленик № 00186269-099 «Рельс типа Р65, категории III по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
6. Кресленик № 00186269-095 «Рельс типа Р50, категории III по ДСТУ 4344:2004». 3 с.
7. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2144у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р65, исполнения с болтовыми отверстиями, категории I, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-089), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 28 с.
8. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2145у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р65, исполнения с болтовыми отверстиями, категории III, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-099), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 25 с.
9. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/2146у-2018 «рельсов железнодорожных типа Р50, исполнения с болтовыми отверстиями, категории III, из стали марки К76Ф (чертеж № 00186269-095), код УКТ ЗЕД 7302 10 22 00, код ОКПО 00186269» від 25 травня 2018 р. 17 с.
10. ГОСТ 8233-56 «Сталь. Эталоны микроструктуры». 12 с.
11. МИ 102-184-277-2016 «Рельсы железнодорожные. Контроль бейнита в микроструктуре термоупрочненных рельсов». Методика испытаний АО «ЕВРАЗ НТМК». 5 с.
12. ТК 142-332-2018 «Производство рельсов типа Р65 по чертежу 00186269-089 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004». Технологическая карта АО «ЕВРАЗ НТМК». 35 с.
13. Кресленик № КБ.0001 «Рельс типа Р65 категории ДТ350». 1 с.
14. Кресленик КБ.0020 «Рельс типа Р65, по ДСТУ 4344:2004 кат. I, II, III». 3 с.
15. СМ РИ ИЦ 03-5.4-71/2-08-2015 «Методика испытаний железнодорожных рельсов на соответствие требованиям СТ РК 2432-2013». 26 с.
16. Протокол приймальних випробувань № 11 від 23 березня 2016 р. з додатком № 1 від 25 березня 2016 р. ВЦ ТОВ «КазЦСЖТ». 46 с.
17. РМ 32-02-16 «Рабочая методика определения работоспособности железнодорожных дифференцированно термоупрочненных рельсов типа Р65 (категории ДТ350) производства ТОО «АРБЗ» (Казахстан)». 18 с.
18. СТ ССФЖТ ТМ-ЦП 115-2001 «Рельсы железнодорожные широкой колеи. Типовая методика определения работоспособности железнодорожных рельсов широкой колеи», АТ «ВНИИЖТ». 22 с.
19. Протокол сертифікаційних випробувань № 44 «Рельсы железнодорожные типа Р65 категории ДТ350, изготавливаемые ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод» по ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» и чертежу № КБ.0002, код ТН ВЭД ТС 7302105000, код КП ВЭД 24.10.7» від 28 жовтня 2016 р. 22 с.
20. Протокол полігонних випробувань «Рельсы железнодорожные типа Р65 категории ДТ350, изготавливаемые ТОО «Актюбинский рельсобалочный завод» по ГОСТ Р 51685-2013 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия» и чертежу № КБ.0002, код ТН ВЭД ТС 7302105000, код КП ВЭД 24.10.7» від 11 лютого 2020 р. 5 с.
21. Проміжний звіт «Полигонные испытания дифференцированно термоупрочненных рельсов типа Р65 категории ДТ350 производства ТОО «АРБЗ» на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» до

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

наработки тоннажа 1 миллиард тонн брутто. Этап 9. Проведение полигонных испытаний на ЭК до наработки тоннажа 900 млн. т. брутто» від 11 лютого 2020 р. Проміжний. ВЦ АТ «ВНИИЖТ». 31 с.

22. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/0015у-2020 «рельсов железнодорожных типа Р65 категории I, код ДКПП 24.10.75, код УКТ ВЭД 7302» від 18 березня 2020 р. 15 с.

23. Протокол сертифікаційних випробувань № С-6.7/0018у-2020 «рельсов железнодорожных типа Р65 категории I, код ДКПП 24.10.75, код УКТ ВЭД 7302» від 18 березня 2020 р. 15 с.

S. A. Cheburov

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

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

Tel.: +380 536(6) 6-11-80, E-mail: chebserana@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2065-0409>

N.H. Havrylova

State Enterprise «Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute»

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

Tel.: +380 536(6) 6-11-80, E-mail: chebserana@gmail.com

ORCID <http://orcid.org/0000-0001-8260-6505>

COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF RAILWAY RAILS, MANUFACTURED ACCORDING TO HOST R 51685-2013 AND ST RK 2432-2013. VERIFICATION OF THEIR COMPLIANCE WITH DSTU 4344:2004

Testing Center for railcar building products of SE "UkrNDIV" has mastered the testing of ordinary rails for broad-gauge railways. The article defines the term "rail" (railway rail). The regulatory documents containing the requirements for the rails used on the railways of Ukraine are listed. For comparative studies, railway products of two foreign manufacturers are presented, which are mass-produced according to national standards HOST R 51685-2013 and ST RK 2432-2013. Rails manufactured according to DSTU 4344:2004 [1], HOST R 51685-2000 [2] can be non-thermostrengthened and surface strengthened, and manufactured according to ST RK 2432-2013 [3] – non-thermostrengthened and differentially strengthened. The analysis of the characteristics of the test objects determined by Testing Center of SE "UkrNDIV" is presented (geometric dimensions, surface quality, marking, non-destructive testing for internal defects, chemical composition, mechanical properties, hardness of the rail material, control of the macrostructure, microstructure, non-metallic inclusions in the steel, copra strength and residual stresses) during tests for the purpose of certification of railway rails manufactured by JSC "EVRAZ NTMK" and LLC "ARBZ" in the period from 2018 to 2020., as well as the results of tests carried out by other test centers (geometric dimensions, surface quality, chemical composition, mechanical properties, hardness of rail material, macrostructure and microstructure integrity testing, detection of non-metallic inclusions in steel, copra strength, residual stresses and operational indicators) and analysis of technical documentation. The conclusions based on the results of the performed research are presented: according to the verified parameters, railway rails

manufactured according to the national standards HOST R 51685-2013 and STRK2432-2013, at the enterprises of JSC "EVRAZ NTMK" and LLC "ARBZ", meet the requirements of DSTU 4344:2004. There are no requirements for operational tests in DSTU 4344:2004. The list of literature (technical documentation) used during the writing of the work is given.

Key words: railway rails, testing.

REFERENCES

1. Reiky zvychni dlia zaliznyts shyrokoj kolii. Zahalni tekhnichni umovy. [Ordinary rails for broad-gauge railways. General technical conditions]. (2004). *DSTU 4344:2004*. [In Ukrainian]
2. Relsy zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Railway rails. General technical conditions]. (2000). *GOST R 51685-2000* [In Russian]
3. Relsy zheleznodorozhnye differencirovanno uprochnennye i netermouprochnennye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Differentially strengthened and non-thermo-strengthened railways. General technical conditions]. *ST RK 2432-2013*. [In Russian]
4. Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004» [R65 type rail, according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-089 - Drawing No. 00186269-089* [In Ukrainian]
5. Rels tipa R65, katehoryy III po DSTU 4344:2004 [R65 type rail, category III according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-099 - Drawing No. 00186269-089* [In Ukrainian]
6. Rels tipa R50, katehoryy III po DSTU 4344:2004 [P50 type rail, category III according to DSTU 4344:2004]. *Kreslenyk № 00186269-095 - Drawing No. 00186269-095* [In Ukrainian]
7. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/2144u-2018 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65, ispolneniya s boltovymi otverstiyami, kategorii I, iz stali marki K76F (chertezh № 00186269-089), kod UKT ZED 7302 10 22 00, kod OKPO 001862698 [Protocol of certification tests No. C-6.7/2144u-2018 "Railways type P65, versions with bolt holes, category I, made of K76F steel (drawing No. 00186269-089), code UKT ZED 7302 10 22 00, code OKPO 00186269"] (May 25, 2018) [In Ukrainian]
9. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/2146u-2018 «relsov zheleznodorozhnyh tipa R50, ispolneniya s boltovymi otverstiyami, kategorii III, iz stali marki K76F (chertezh № 00186269-095), kod UKT ZED 7302 10 22 00, kod OKPO 00186269» [Protocol of certification tests No. C-6.7/2146u-2018 "Railway type P50, version with bolt holes, category III, made of K76F steel (drawing No. 00186269-095), UKT code ZED 7302 10 22 00, OKPO code 00186269"]. (May 25, 2018) [in Ukrainian]
10. Stal. Etalony mikrostruktury [Steel. References of microstructure]. (1956). *GOST 8233-56* [in Russian]
11. Relsy zheleznodorozhnye. Kontrol bejnita v mikrostrukture termouprochnennyh relsov [Railway rails. Control of bainite in the microstructure of thermo-hardened rails]. *Metodika ispytanij AO «EVRAZ NTMK» - Test methodology of JSC EVRAZ NTMK* [in Russian]
12. Proizvodstvo relsov tipa R65 po chertezhu 00186269-089 «Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004 [Production of P65 type rails according to drawing 00186269-089 "P65 type rail, according to DSTU 4344:2004]. (2018). *TK 142-332-2018. Tekhnologicheskaya karta AO «EVRAZ NTMK - Technological map of EVRAZ NTMK JSC*. [in Russian]
13. Rels tipa R65 kategorii DT350 [Rail type P65 category DT350"]. *Kreslenyk № KB.0001 - Drawing No. KB.0001*. [in Ukrainian]
14. Rels tipa R65, po DSTU 4344:2004 kat. I, II, III [R65 type rail, according to DSTU 4344:2004 cat. I, II, III]. *Kreslenyk KB.0020 - Drawing KB.0020* [in Ukrainian]
15. Metodika ispytanij zheleznodorozhnyh relsov na sootvetstvie trebovaniyam [Methodology of testing railway rails for compliance with the requirements of ST RK 2432-2013]. *ST RK 2432-2013 SM RY YTs 03-5.4-71/2-08-2015*. [in Russian]
16. Protokol pryimalnykh vyprobuvan №11 vid 23 bereznia 2016 r. z dodatkom № 1 vid 25 bereznia [Acceptance test protocol No. 11 dated March 23, 2016 with appendix No. 1 dated March 25, 2016]. *KazTSZHT LLC* [in Ukrainian]
17. Rabochaya metodika opredeleniya rabotosposobnosti zheleznodorozhnyh differencirovano termouprochnennyh rel'sov tipa R65 (kategorii DT350) proizvodstva TOO «ARBZ» [Operating procedure for determining the serviceability of railway differentially heat-strengthened rails of type P65 (category DT350) produced by ARBZ LLP (Kazakhstan)]. *RM 32-02-16*. (Kazakhstan) [in Russian]
18. Relsy zheleznodorozhnye shirokoj kolei. Tipovaya metodika opredeleniya rabotosposobnosti zheleznodorozhnyh relsov shirokoj kolei [Broad-gauge railways. A typical method of determining the ser-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

viceability of broad-gauge railway rails]. (2001). *ST SSFZhT TM-TsP 115-2001*. AT «VNIIZHT» [in Russian]

19. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № 44 Relys zheleznodorozhnye tipa R65 kategorii DT350, izgotavlivaemye TOO «Aktyubinskijrel'sobalochnyj zavod» po GOST R51685-2013 «Relys zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya» i chertezhu № KB.0002, kod TN VED TS 7302105000, kod KP VED 24.10.7 [Certification tests No. 44 "Railway rails of type P65 category DT350, manufactured by Aktyubinskiy relsobalochny zavod LLP according to GOSTR51685-2013 "Railway rails. General technical conditions" and drawing No. KB.0002, code TN VED TC 7302105000, code KP VED 24.10.7] (October 28, 2016) [in Ukrainian]

20. Protokol polihonnykh vyprobuvan «Relys zheleznodorozhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya» i chertezhu № KB.0002, kod TN VED TS 7302105000, kod KP VED 24.10.7 [Report on site test "Railway rails of type P65 category DT350, manufactured by Aktyubinsk Relsobalochny Zavod LLP" according to GOST R 51685-2013 "Railway rails. General technical conditions" and drawing No. KB.0002, code TN VED TS 7302105000, code KP VED 24.10.7] (February 11, 2020) [in Ukrainian]

21. Promizhnyi zvit Poligonnye ispytaniya differencirovano termouprochnennykh relsov tipa R65 kategorii DT350 proizvodstva TOO «ARBZ» na Eksperimental'nomkol'ce AO«VNIIZHT» do narabotkitonnazha 1 milliard tonn brutto. Etap 9. Provedenie poligonnykh ispytaniy na EK do narabotki tonnazha 900 mln. t. brutto» [Interim report "Field tests of differentiated heat-strengthened rails of the R65 type of the DT350 category manufactured by ARBZ LLP on the Experimental loop of VNIIZhT JSC until the gross tonnage of 1 billion tons is reached. Stage 9. Field tests for EC until a tonnage of 900 million gross tons is reached] (February 11, 2020). VC AT «VNIIZHT» [in Ukrainian]

22. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/0015u-2020 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65 kategorii I, kod DKPP 24.10.75, kod UKT VED 7302» [Certification tests report No. C-6.7/0015u-2020 "rail-road rails type P65 category I, code DCP 24.10.75, code UKT VED 7302"] (March 18, 2020) [in Ukrainian]

23. Protokol sertyfikatsiinykh vyprobuvan № S-6.7/0018u-2020 « relsov zheleznodorozhnyh tipa R65 kategorii I, kod DKPP 24.10.75, kod UKT VED 7302» [Certification tests report No. C-6.7/0018u-2020 "rail-road rails type P65 category I, code DCP 24.10.75, code UKT VED 7302"] (March 18, 2020) [in Ukrainian].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

УДК 629.46

DOI: 10.47675/2304-6309-2022-25-129-143

П.О. Хозя

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,

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

Телефон: +38 (067) 736 68 20, E-mail: pavlo.khozia@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

О.О. Юшко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,

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

Телефон: +38 (097) 890 37 97, E-mail: ayshko88@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2030-2754>

О.В. Орлов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,

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

Телефон: +38 (098) 780 40 45, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

Е.О. Хвоєнко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»,

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

Телефон: +38 (097) 096 93 91, E-mail: hvoenko@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7413-8633>

М.В. Григорошенко

ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод»,

вул. І. Приходька, 139, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна

Телефон: +38 (067) 545 45 75, E-mail: icenter@kvsz.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7946-1835>

НАУКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНА-САМОСКИДА МОДЕЛІ 33-7141

Велика необхідність гірничодобувної промисловості в думпках привела до необхідності розробки основних параметрів вагонів-самоскидів, здатних працювати в умовах експлуатації всіх підприємств гірничодобувної промисловості.

© Хозя П.О., Юшко О.О., Орлов О.В., Хвоєнко Є.О.,
Григорошенко М.В., 2022

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Думпкар є суцільнометалевий саморозвантажний вагон збірної конструкції, що складається з нижньої рами кузова, що нахилиється, розвантажувальних пристроїв і ходової частини, автогальмового і зчпного обладнання.

В статті проаналізовано основні задачі досліджень вагона-самоскида, наведено результати науково-експериментальних досліджень та наведені основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 шляхом аналізу технічної та конструкторської документації на вагон. А також виконано порівняльний аналіз технічних характеристик вагонів-думпкарів вітчизняних виробників. Вітчизняні вагони-самоскиди призначені для важких умов завантаження. Завантаження вагонів-самоскидів найбільш важкий процес їх експлуатації, який визначає в більшості ступінь їх міцності та експлуатаційну надійність вагонів-самоскидів.

Висвітлений аналіз випробувальних результатів досліджень вагона-самоскида моделі 33-7141 (статичних випробувань на міцність від дії вертикальних, квазістатичних навантажень та навантажень, що виникають при ремонті й обслуговуванні вагона, випробувань падаючим вантажем та випробувань на розвантаження-завантаження, ходових динамічних, ходових міцносних та випробувань на співудар).

Ключові слова: вагон-самоскид, технічні характеристики, науково-експериментальні дослідження.

П.А. Хозя

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: +38 (067) 736 68 20, E-mail: pavlo.khozia@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

А.А. Юшко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: +38 (097) 890 37 97, E-mail: ayshko88@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2030-2754>

О.В. Орлов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: +38 (098) 780 40 45, E-mail: oleh.orlov81@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

Е.О. Хвоенко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»,

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

Телефон: +38 (097) 096 93 91, E-mail: hvoenko@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7413-8633>

М.В. Григорошенко

ПАО «Крюковский вагоностроительный завод»

ул. И. Приходько, 139, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: +38 (067) 545 45 75, E-mail: icenter@kvsz.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7946-1835>

НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНА-САМОСВАЛА МОДЕЛИ 33-7141

Большая необходимость горнодобывающей промышленности в думпкарах привела к необходимости разработки основных параметров вагонов-самосвалов, способных работать в условиях эксплуатации всех предприятий горнодобывающей промышленности. Думпкар представляет собой цельнометаллический саморазгрузочный вагон сборной конструкции, состоящий из нижней рамы наклоняемого кузова, разгрузочных устройств и ходовой части, автотормозного и сцепного оборудования.

В статье проанализированы основные задачи исследований вагона-самосвала, приведены результаты научно-экспериментальных исследований и приведены основные технические характеристики вагона-самосвала (думпкара) модели 33-7141 путем анализа технической и конструкторской документации на вагон. А также выполнен сравнительный анализ технических характеристик вагонов-думпкарот отечественных производителей. Отечественные вагоны-самосвалы предназначены для тяжелых условий погрузки. Загрузка вагонов-самосвалов наиболее трудный процесс их эксплуатации, определяющий в большинстве случаев степень их прочности и эксплуатационную надежность вагонов-самосвалов

Освещен анализ испытательных результатов исследований вагона-самосвала модели 33-7141 (статических испытаний на прочность от действия вертикальных, квазистатических нагрузок и нагрузок, возникающих при ремонте и обслуживании вагона, испытаний падающим грузом и испытаний на разгрузку-загрузку, ходовых динамических, ходовых прочностных испытаний на соудар).

Ключевые слова: вагон-самосвал, технические характеристики, научно-экспериментальные исследования.

Вступ. Промисловий залізничний транспорт відіграє важливу роль у таких галузях як гірничодобувна, вугільна, чорна та кольорова металургія, лісова та торфодобувна промисловість, а також будівництво. Особливо широке розповсюдження отримали вагони-думпкари (самоскиди), що мають змогу саморозвантажуватися.

Думпкари-вагони для промислового залізничного транспорту з суцільнометалевим кузовом, застосовуються переважно на підприємствах гірничорудної промисловості та великих кар'єрних розробках для транспортування вскришних та скальних порід, а також різних руд. Ці вагони використовуються на коліях промислових підприємств, будівництвах, відкритих гірничих розробок колії 1520 мм.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Аналіз останніх досліджень. Значний внесок у розробку, створення та впровадження вагонів-думпкарів як магістрального, так і промислового значення зробили співробітники Дніпродзержинського вагонобудівного заводу (нині – ПрАТ «Дніпровагонмаш»), Калінінського вагонобудівного заводу, заводу металоконструкцій та ряду інших підприємств. Результати праці цих колективів висвітлені у роботах Логінова О.І., Афанаскіна Н.Е. [1], Каблукова В.А., Савчука О.М. [2], Калмикова В.Г., Кузнецова О.Г. [3], Шадура Л.А [4] та інших авторів.

Роботи останнього періоду за цим напрямом в основному зосереджені на удосконаленні конструкції та визначенні залишкового ресурсу існуючих моделей вагонів-думпкарів. В праці [5, 6] розглянуто питання визначення залишкового ресурсу несучих металевих конструкцій думпкарів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. В статті [7] наведено технічні характеристики вагонів-думпкарів вітчизняного виробництва для промислового залізничного транспорту, в статті [8] – для магістрального. В роботі [9] з метою удосконалення існуючих моделей вагонів-думпкарів запропоновано проект підсилення основних несучих елементів конструкції. При цьому питанню науково-експериментальних досліджень характеристик вагонів-думпкарів останнім часом приділялось недостатньо уваги, незважаючи на значний фізичний та моральний знос даного типу рухомого складу. В цій статті запропоновано розглянути результати науково-експериментальних досліджень новоствореного вагона-думпкара моделі 33-7141 виробництва Публічно акціонерного товариства «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ») для промислового залізничного транспорту.

Мета і завдання дослідження. дослідити основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 на візках моделі 18-7142 та виконати порівняльний аналіз його характеристик з іншими існуючими моделями аналогами вагонів-думпкарів.

Для досягнення поставленої мети в цій роботі необхідно розглянути наступні завдання:

- навести основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 шляхом аналізу технічної та конструкторської документації на вагон;
- навести результати науково-експериментальних досліджень технічних характеристик вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141;
- виконати порівняльний аналіз технічних характеристик вагона-думпкара (самоскида) моделі 33-7141 з аналогічними існуючими моделями вагонів-думпкарів.

Матеріали та методи дослідження. Основні технічні характеристики вагона-самоскиду (думпкара) моделі 33-7141 виробництва ПАТ «КВБЗ».

Вагон-самоскид (думпкара) моделі 33-7141 виробництва ПАТ «КВБЗ» складається з:

- кузову, що включає в себе верхню раму з торцевими стінками;
- настилу підлоги та поздовжніх бортів;
- нижньої рами;
- пневмообладнання системи розвантаження;
- механізму розвантаження;
- гальма автоматичного;
- ходової частини;
- двох автоточепних пристроїв;
- механізму захвату;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- замкового механізму;

Кузов думпкару цільнометалевий, зварної конструкції. Нижня рама думпкара зварної конструкції складається з хребтової балки коробчатого перерізу, двох шкворневих балок, двох кінцевих балок, системи проміжних балок. Пневмообладнання системи розвантаження включає в себе шість циліндрів розвантаження, по три з кожної сторони думпкара, системи трубопроводів і кранів. Управління розвантаження роздільне для кожної сторони думпкара. Механізм розвантаження розташовується в торцевих стінах кузова з обох сторін. Загальний вид вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 наведено на рисунку 1.

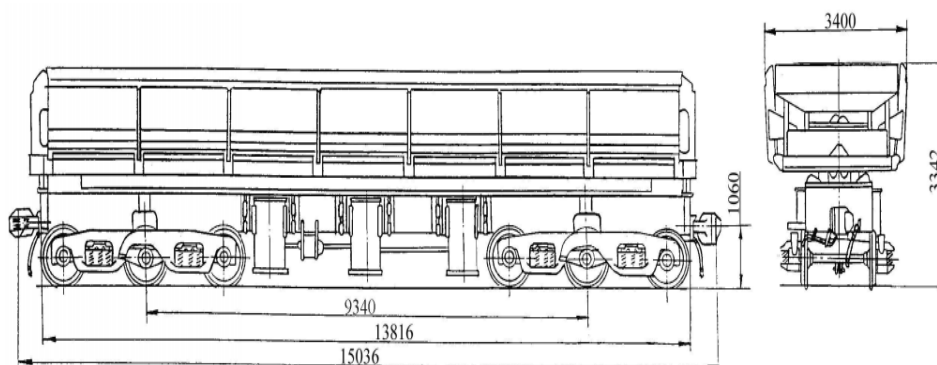


Рис. 1. Загальний вид вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141

Основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 наведені в таблиці 1.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. Основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 [10]

Найменування показників вагона	Значення
Вантажопідйомність, т, не більше	115
Маса тари, т, не більше	51
Ширина колії, мм	1520
Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рельси, кН (тс)	271,6 (27,7)
Об'єм кузова, м	55
Питомий об'єм, (об'єм/вантажопідйомність) м ³ /т	0,474
Питома матеріалоємність (маса тари/вантажопідйомність)	0,439
Конструкційна швидкість, не більше км/год: - по магістральним шляхам в порожньому стані; - по коліям промислових підприємств порожньому стані; - по коліям промислових підприємств в навантаженому стані.	90 70 40
Габарит по ГОСТ 9238[3] (ДСТУ Б В.2.3-29*) - по магістральним коліям	1-Т
- по промисловим коліям	Т
База вагону, мм	9340±5
Довжина по осям зчеплення автосцепок, мм	15036±15
Высота от уровня головок рельсов до оси автосцепки, мм	1060±20
Погонне навантаження, т/м	11,04
Діаметр пятника, мм	400 _{-1,5}
Відстань по скользунам, мм	1210 ⁺⁴ ₋₂₄
Кут нахилу кузова при розвантаженні, градус	не менше 45°
Максимальна висота вагону від рівня головки рельсу, мм	3342*
Мінімальний радіус вписування в криву, м	80
Робочий тиск у циліндрах розвантаження, МПа (кгс/с ²)	0,7
Клас поглинального апарату	Т1
Допустиме (розрахункове) ударне навантаження	3 т с 3 м на підсіпку не менше 300 мм

Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141.

Науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 здійснювалися за наступними напрямками:

- вписування вагона в габарит та криві малого радіуса;
- визначення маси тари;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

-визначення геометричних розмірів;
-стаціонарні та поїзні гальмівні дослідження;
-статичні міцносні дослідження від дії вертикального та поздовжнього навантажень, навантажень, що виникають при ремонті та обслуговуванні вагона;
-ходові динамічні дослідження вагона у завантаженому та порожньому режимах;
-ходові міцносні дослідження;
-дослідження рівня зовнішнього шуму;
-дослідження міцності при співударі;
-дослідження при завантаженні та розвантаженні вагону та випробування падаючим вантажем

– основною задачею досліджень з вписування вагона в габарит та криві малого радіуса, визначення маси тари, визначення геометричних розмірів є експериментальна перевірка вагона та візків з вписування в габарит та криві малого радіуса, визначення маси тари, визначення геометричних розмірів, визначення максимального розрахункового статичного навантаження від колісної пари на рейки та висоти горизонтальної осі автозчепу від рівня головок рейок, визначення показників, які забезпечують безпеку руху та безпечну роботу складача згідно з вимогами нормативних документів;

– основною задачею стаціонарних гальмівних досліджень є визначення часу зарядки гальмівної системи, перевірка щільності гальмівної магістралі, перевірка щільності гальмівних циліндрів та запасного резервуара, визначення сталого тиску в гальмівних циліндрах порожнього та завантаженого вагона, вихід штока гальмівних циліндрів порожнього та завантаженого вагона, перевірка витримки гальма без самовільного відпуску при ступені гальмування, визначення розрахункового гальмівного коефіцієнта порожнього та завантаженого вагона, перевірка дії авторегуляторів гальмівної передачі, перевірка регулювання гальмівної важільної передачі, перевірка дії випускного клапана повітророзподільника, перевірка дії стоянкового гальма та оцінка відповідності отриманих показників вимогам чинної нормативної документації;

– основною задачею поїзних гальмівних досліджень є визначення гальмівних шляхів вагона з подальшим їх перерахуванням на гальмівні шляхи поїзда із завантажених вагонів на різних ухилах за визначених швидкостей руху на початку гальмування;

– основною задачею статичних міцносних досліджень (від дії вертикального навантаження, від дії поздовжніх сил, від дії навантажень, що виникають під час ремонту й обслуговування вагона) було визначення напруженого стану елементів металоконструкції кузова і рами від дії заданих статичних навантажень, що імітують основні розрахункові експлуатаційні навантаження;

– основною задачею ходових динамічних досліджень була перевірка загальної роботоздатності вагона під час руху, визначення і оцінка показників ходових якостей вагона під час руху з різними швидкостями, у тому числі з конструкційною, у порожньому, завантаженому до повної вантажопідйомності на статистично представницьких за конструкцією, планом, профілем і поточним станом ділянках залізничної колії;

– основною задачею ходових міцносних досліджень було визначення рівня та частотного складу динамічних напружень в основних елементах і вузлах металоконструкції дослідного вагона, які виникають під час руху з заданим навантаженням з різними швидкостями, аж до конструкційної, на статистично представницьких за конструкцією, планом, профілем і поточним станом ділянках залізничної колії;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- основною задачею досліджень шуму є вимірювання та оцінка рівня зовнішнього шуму, що створюється під час руху вагона;
- основною задачею дослідження міцності при співударі була оцінка напруженого стану конструкції вагона під час дії нормативних навантажень;
- основною задачею випробувань на міцність при завантаженні-розвантаженні та випробувань під час падіння вантажу масою 3 т з висоти 3 м було визначення напруженого стану елементів металоконструкції кузова і рами від дії заданих статичних навантажень, що імітують основні розрахункові експлуатаційні навантаження.

Вписування в габарит та криві малого радіуса, визначення маси тари та геометричних розмірів.

Габаритні розміри вагона відповідають габариту 1-Т для магістральних колій, габариту Т для колій промислових підприємств. Маса тари вагона становить 50,46 т, а величина статичного навантаження від осі колісної пари на рейки склала 270,53 кН (27,58 тс) при допустимому не більше ніж 271,6 кН (27,7 тс), що відповідає вимогам технічного завдання та проекту технічних умов [10]. При проходженні в кривих малого радіуса не було виявлено саморозчеплення вагонів, стикання елементів візка з елементами кузова, ушкоджень елементів міжвагонних з'єднань та інших складальних одиниць вагона і візків або порушень їх роботоздатності.

Випробування гальмівної системи

Візуальний огляд показав повну відповідність гальмівної системи конструкторській документації та вимогам ТЗ. Вагон обладнаний типовою гальмівною системою зі стандартним комплектом гальмівного обладнання: повітродозподільника, резервуара, регулятора гальмівних важільних передач, циліндра гальмівного, крана кінцевого, рукавів з'єднувальних, крана роз'єднувального, важільної передачі, повітропровода з магістральними і підводящими трубопроводами, обладнаними комплектом безрізьбових з'єднань. Конструкція автоматичного та стоянкового гальма відповідає вимогам КД ПАТ «КВБЗ», технічного завдання ТЗ 33-7141 [10], «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм. (несамоходных)» [11]. Загальний вигляд гальмівної системи показаний на рисунку 2.

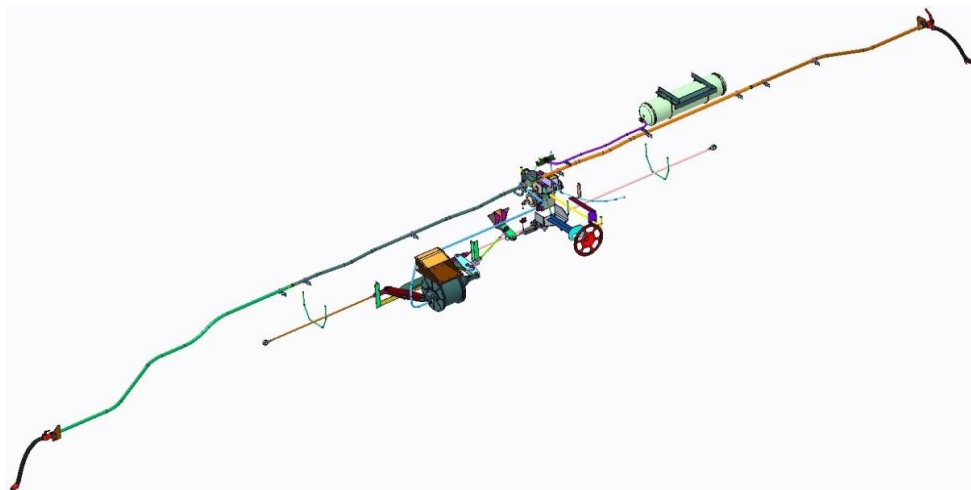


Рис. 2. Загальний вигляд гальмівної системи

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Статичні випробування на міцність

Результати визначення максимальних напружень в елементах конструкції вагона, зафіксованих за результатами статичних випробувань на міцність від навантажень, зображено на рис. 3

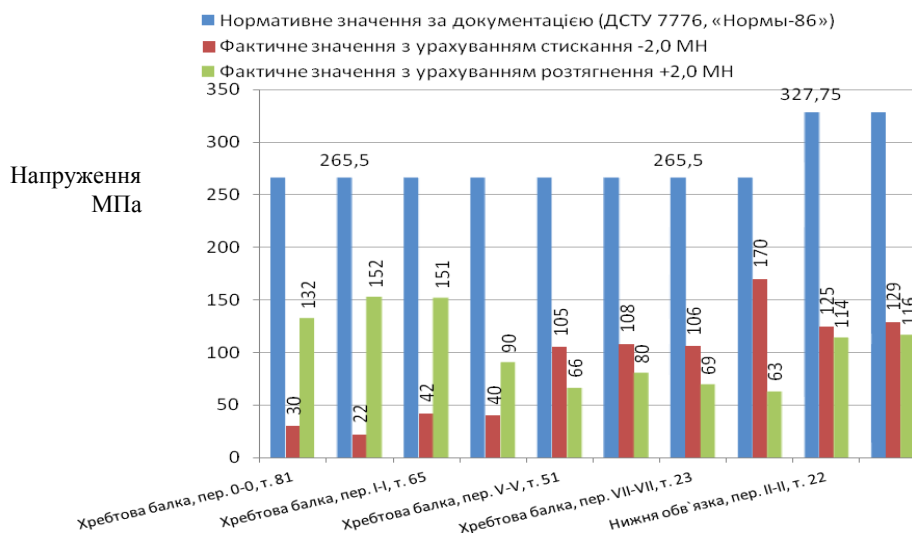


Рис.3. Результати статистичних випробувань на міцність

Випробування від дії падаючого вантажу

Результати випробувань від дії падаючого вантажу зображено на рис. 4. Напруження в елементах конструкції вагона визначались під час завантаження вагону.

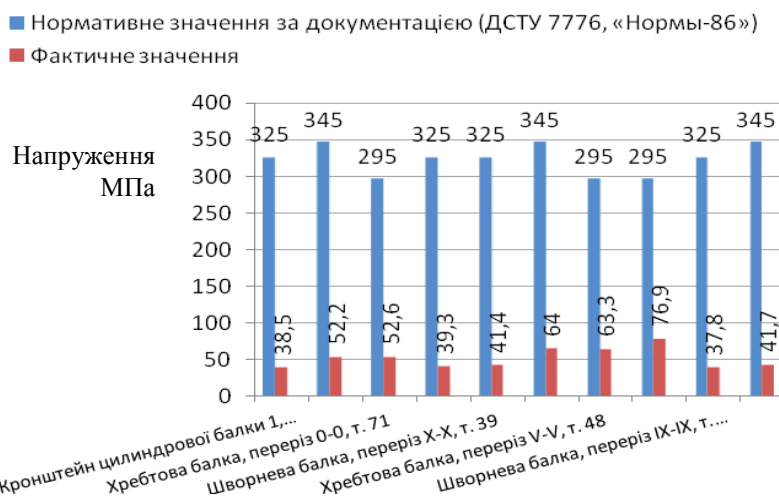


Рис.4. Результати випробувань від дії падаючого вантажу

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Випробування з визначення рівня зовнішнього шуму

Результат випробування з визначення рівня зовнішнього шуму вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 у порожньому режимі відповідає вимогам технічного завдання ТЗ 33-7141 [10] та складає 85,6 дБА при вимірюванні під час руху вагона зі швидкістю 80 км/год на відстані 25 м від осі колії.

Випробування на співудар

Максимальні сумарні напруження в елементах конструкції вагона від дії вертикальних навантажень та нормованої сили удару 3,0 МН. Результати випробувань на співудар показані на рис. 5.

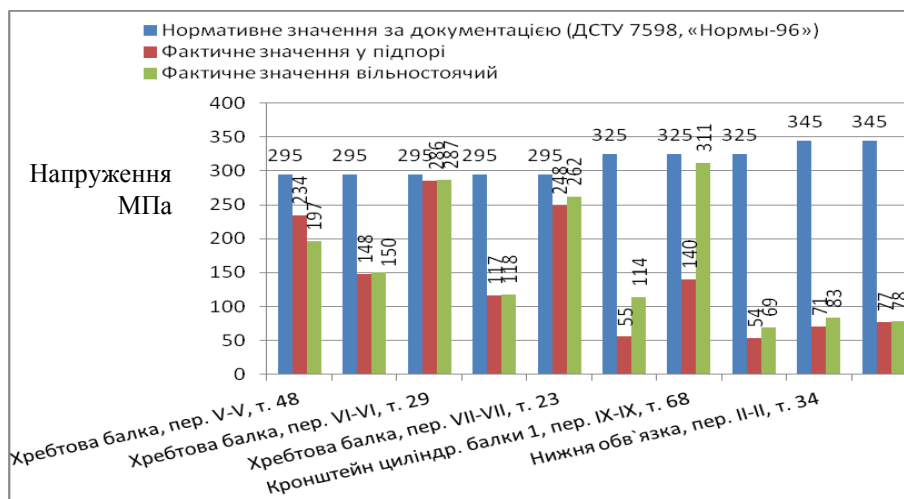


Рис.5. Результати випробувань на співудар

Ходові динамічні випробування вагона на магістральних коліях у порожньому режимі

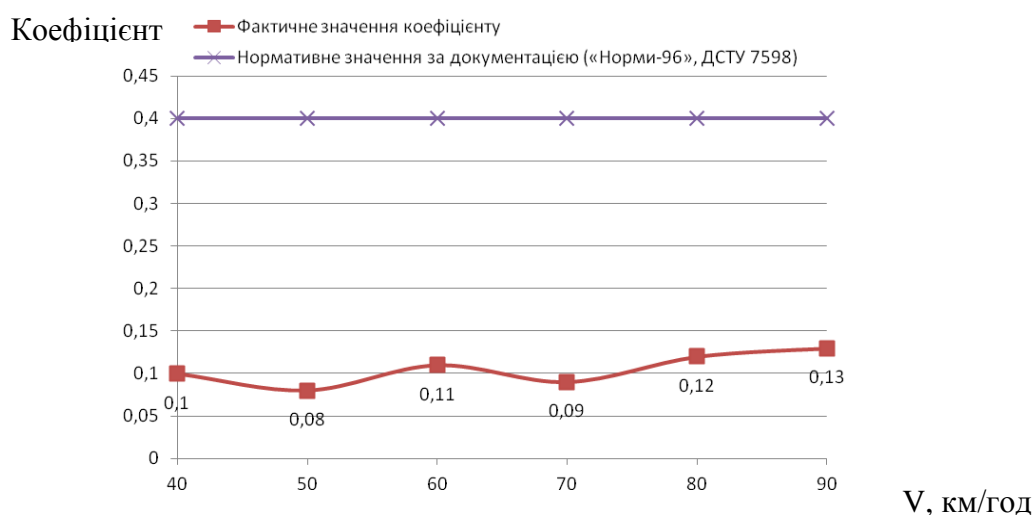


Рис.6. Ходові динамічні випробування вагона на магістральних коліях у порожньому режимі

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Ходові динамічні випробування вагона на коліях промислового транспорту у завантаженому режимі

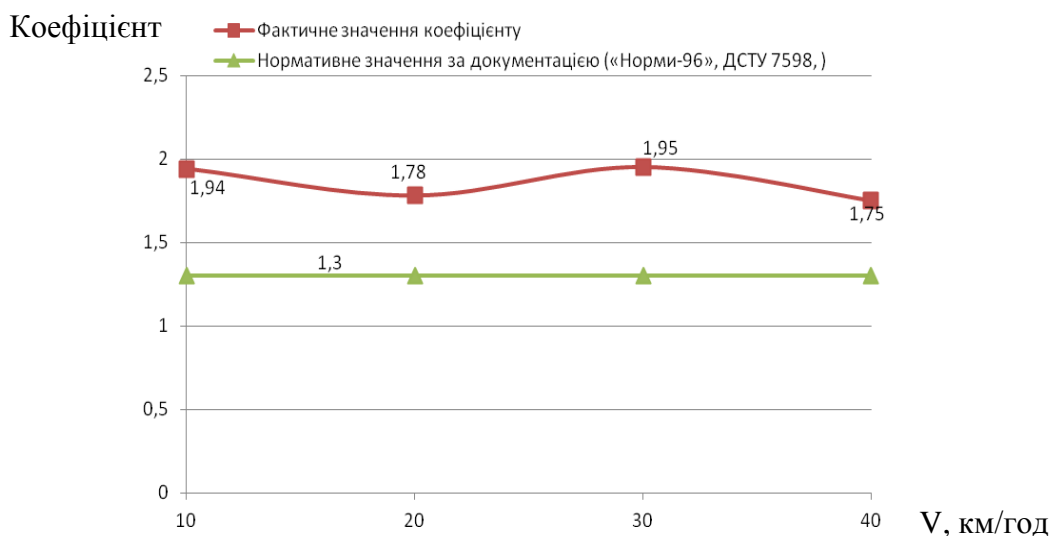


Рис.7. Ходові динамічні випробування вагона на коліях промислового транспорту у завантаженому режимі

Аналіз результатів науково-експериментальних досліджень.

На підставі проведеного аналізу результатів досліджень вагона (статичних випробувань на міцність від дії вертикальних, квазістатичних та навантажень, що виникають при ремонті й обслуговуванні вагона, випробувань падаючим вантажем та випробувань на розвантаження - завантаження, ходових динамічних, ходових міцносних випробувань та випробувань на співудар) можна зробити висновок, що вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-7141 відповідає вимогам «Технічного завдання» [10], ДСТУ 7776:2015 «Вагони-самоскиди (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм» [12], ДСТУ 7598:2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)» [13], «Норм для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкаров) колеи 1520 мм, 1986 г.» [14], «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г.» [11], «Норм для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983 г.» [15].

Порівняльні технічні характеристики вагона – самоскида (думкара) моделі 33-7141 з вагонами аналогами.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. Порівняльні технічні характеристики вагонів-самоскидів
[10, 16-19]

Найменування параметру	Модель вагона-думпкара				
	33-7141	33-9909Н	33-4098	33-9908	33-9901
1. Вантажопідйомність, т, не більше	115	115	110	105	105
2. Маса тари т, не більше	51	52	53	54	51
3. Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рельси, кН (тс)	271,6 (27,7)	283,7 (27,8)	267,5 (27,3)	259,9 (26,5)	256,65 (26,17)
4. Питомий об'єм (об'єм /вантажопідйомність) м ³ /т	0,474	0,478	0,43	0,476	0,476
5. Питома матеріалоемність (маса тари/вантажопідйомність)	0,439	0,452	0,48	0,514	0,486
6. Кількість осей	6	6	6	6	6
7. Вид розвантаження	двостороннє	двостороннє	двостороннє	двостороннє	двостороннє
8. Система розвантаження	пневматична	пневматична	пневматична	пневматична	пневматична
9. Габарит	1Т	1Т	1Т	1Т	1Т

Виходячи з даних таблиці 2 можна переконатися, що вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-7141 має покращені техніко-економічні показники в частині його об'єму та маси тари за умов забезпечення вантажопідйомності 115 т. Всі елементи думпкара відповідають антропометричним і функціональним особливостям обслуговуючого персоналу з точки зору зручності технічного обслуговування, поточного ремонту, огляду ходових частин, підвагонного обладнання та гальмівної системи.

Таким чином в статті досліджено основні технічні характеристики вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 виробництва ПАТ «КВБЗ» та наведено порівняльну таблицю з іншими аналогічними вагонами. Також наведено науково-експериментальні дослідження технічних характеристик вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141.

Висновок: Результати науково-експериментальних досліджень та порівняльний аналіз технічних характеристик вагонів думпкарів для промислового залізничного транспорту дозволив встановити переваги новоствореного вагона-самоскида (думпкара) моделі 33-7141 на візках моделі 18-7142 в частині зменшеної маси тари, питомих показників об'єму та матеріалоемності.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ЛІТЕРАТУРА

1. А.И. Логинов, Афанаскин Н.Е. Вагоны-самосвалы, Москва: «Машиностроение», 1975. 192 с.
2. Каблуков В.А., Савчук О.М., Киричко Н.Ф. «Подвижной состав промышленного железнодорожного транспорта» 1990. 295 с.
3. Калмыков В.Г., Кузнецов А.Г. Вагоны промышленного транспорта, Москва: Транспорт, 1978. 336 с.
4. Л.А. Шадур, И.И. Челноков, Л.Н. Никольский и др; под ред. Л.А. Шадура. Вагоны: Конструкция, теория и расчет. Москва: Транспорт, 1980. 439с.
5. Кошель О.О., Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П. Визначення залишкового ресурсу не-сучих металевих конструкцій хопер-дозаторів та думпкарів (самоскидів) на основі результатів технічного діагностування та типових випробувань. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія: «Транспортні системи і технології» 2020. Вип. 35 С.14-23. DOI:10.327703/2617-9040-2020-35-2;
6. Сапронова С.Ю., Буліч Д.І., Ткаченко В.П. Продовження терміну експлуатації вантажних вагонів. Вісник СНУ ім. Даля. 2017. №3 (233) с.158-162.
7. Сулим А.О., Стринжа А.М., Бородай О.О., Федоров В.В. Технічні характеристики та шляхи удосконалення вагонів-думпкарів для промислового транспорту. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2021. Вип.23. с.54-73. DOI:10.47675/2304-6309-2021-23-54-73;
8. Сулим А.О., Хозя П.О., Стринжа А.М., Речкалов В.С., Федоров В.В. Шляхи та перспективи удосконалення вагонів-думпкарів, призначених для експлуатації магістральними коліями 1520 мм. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології»: Вип. 39, 2022. с.51-65. DOI:1032703/2617-9040-2022-39-6;
9. Жарова Е.А., Мойкин Д.А., Белгородцев В.А. Совершенствование вагонов-думпкарів для повышения их надежности в процессе эксплуатации. Транспорт Российской Федерации №3 (52). 2014. с.51-54.
10. Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу вагон-самоскид модель 33-7141. 32 с.
11. «Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г.» 319 с.
12. ДСТУ 7776:2015 Вагоны-самоскиды (думпкари). Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих думпкарів залізниць колії 1520 мм. 2015. 108 с.
13. ДСТУ 7598:2014 Вагоны вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). 162 с.
14. Нормы для расчета и проектирования новых вагонов-самосвалов (думпкарів) колеи 1520 мм, 1986 г. 154 с.
15. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983 г. 260 с.
16. ТУ У 30.2-38280327-002:2015 Вагон самоскид (думпкар) моделі 33-980. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 43 с.
17. ТУ У 35.2-00190957-046:2011 Вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-9901. Технічні умови. Кривий Ріг, 2015. 46 с.
18. ТУ У 35.2-32887752-001:2011 Вагон-самоскид (думпкар). Модель 33-9908. Технічні умови. (зі змінами: Повідомлення №9908.014:2012 про зміну №1; Повідомлення № 9908.030:2013 про зміну №2). Кривий Ріг, 2011. 58 с.
19. ТУ У 35.2-32264561-001:2008 Вагон-самоскид «Думпкар» 2ВС-105 (модель 33-9909Н) Технічні умови. Кривий Ріг, 2008. 50 с.

P.O. Khozia

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute ",
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel: +380 67 7366820, E-mail: pavlo.khozia@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

O.O. Yushko

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute ",
33 I. Prykhodka St., Kremenchuk, 39621, Ukraine
Tel: +380 97 8903797, E-mail: ayshko88@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2030-2754>

O.V. Orlov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute ",

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

Tel: +38 (098) 780 40 45, E-mail: oleh.orlov@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1555-0297>

E.O. Hvoienko

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute ",

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

Tel: +380 97 0969391, E-mail: hvoenko@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7413-8633>

M.V. Hryhoroshenko

PJSC "Kryukovsky Railway Car Building Works"

Str. I. Prykhodka, 139, Kremenchuk, 39621, Ukraine

Phone: +38067 5454575, E-mail: icenter@kvsz.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7946-1835>

SCIENTIFIC-EXPERIMENTAL STUDIES OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DUMP CAR MODEL 33-7141

The great need of the mining industry for dump cars led to the need to develop the main parameters of dump cars capable of operating under operating conditions of all enterprises of the mining industry. Dump car is an all-metal self-unloading car of pre-fabricated construction, consisting of the lower frame of the tilting body, unloading devices and running gear, self-braking and coupling equipment.

The article analyzes the main tasks of the dump car research, presents the results of scientific and experimental research, and gives the main technical characteristics of the dump car model 33-7141 by analyzing the technical and design documentation for the car. A comparative analysis of the technical characteristics of domestic dump cars was also performed. Domestic dump cars are intended for difficult loading conditions. Loading dump cars is the most difficult process of their operation, which largely determines the strength and operational reliability of dump cars.

The analysis of the test results of the dump car model 33-7141 (static strength tests under the vertical, quasi-static loads and loads arising during the repair and maintenance of the car, tests with a falling load and unloading-loading tests, running dynamic, running strength and impact tests) is presented.

Keywords: *dump car, technical characteristics, scientific and experimental research.*

REFERENCES

1. A.I. Loginov, & Afanaskin N.E. (1975). *Vagony-samosvaly [Dump cars]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
2. Kablukov, V.A., Savchuk O.M., & Kirichko N.F. (1978). *Podvizhnoy sostav promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta [Rolling stock of industrial railway transport]* Moscow: Mashinostroenie [in Russian]

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

3. Kalmykov, V.G., & Kuznetsov, A.G. (1978). *Vagony promyshlennogo transporta [Industrial transport railcars]*. Moscow: Transport [in Russian]
4. Shadur, L.A., Chelnokov, I.I., Nikolskiy, L.N. et al. (1980). *Vagony: Konstrukciya, teoriya i raschet [Wagons: Design, theory and calculation]*. L.A. Shadur (Ed.). Moscow: Transport [in Russian] 439 p.
5. Koshel, O.O., Saponova, S.Yu., Bulich, D.I., & Tkachenko, V.P. (2020). Vyznachennia zalyshkovoho resursu nesuchykh metalevykh konstruktzii khoper-dozatoriv ta dumpkariv (samoskydiv) na osnovi rezultativ tekhnichnoho diahnostuvannia ta typovykh vyprovuvan [Determining the residual resource of the load-bearing metal structures of hopper dispensers and dump cars (dump cars) based on the results of technical diagnostics and typical tests]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT» Serii: Transportni systemy i tekhnologii - Collection of scientific papers of DUIT. Series: Transport systems and technologies*, 35, pp.14-23. DOI:10.327703/2617-9040-2020-35-2 [in Ukrainian]
6. Saponova, S.Yu., Bulich, D.I., & Tkachenko, V.P.(2017). Prodovzhennia terminu ekspluatatsii vantazhnykh vahoniv [Extending the service life of freight cars]. *Visnyk SNU im. Dalia - Bulletin of SNU after Dahl*, 3(233), 158-162 [in Russian]
7. Sulym, A.O., Strynzha, A.M., Borodai, O.O., & Fedorov, V.V. (2021). Tekhnichni kharakterystyky ta shliakhy udoskonalennia vahoniv-dumpkariv dlia promyslovoho transportu [Technical characteristics and ways of improving dump cars for industrial transport]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomiy sklad - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock* , 23, 54-73. DOI:10.47675/2304-6309-2021-23-54-73 [in Ukrainian]
8. Sulym, A.O., Khozia, P.O., Strynzha, A.M., Rechkalov, V.S., & Fedorov, V.V. (2022). Shliakhy ta perspektyvy udoskonalennia vahoniv-dumkariv, pryznachenykh dlia ekspluatatsii mahistralnymy koliiamy 1520 mm.,[Ways and prospects for improvement of railroad cars intended for operation on 1520 mm main tracks]. *Zbirnyk naukovykh prats DUIT. Serii «Transportni systemy i tekhnologii - Collection of scientific papers DUIT. Series "Transport systems and technologies".* Vol. 39, pp. 51-65. DOI:1032703/2617-9040-2022-39-6 [in Ukrainian]
9. Zharova, E.A., Moikin, D.A., & Belgorodtsev, V.A. (2014). Sovershenstvovaniye vagonov-dumpkarov dlya povysheniya ih nadezhnosti v protsesse ekspluatatsii [Improvement of dump cars to increase their reliability in the process of operation]. *Transport Rossiyskoi Federatsii - Transport of the Russian Federation*, 3 (52), 51-54 [in Russian]
10. Tekhnichne zavdannya na doslidno-konstruktorsku robotu vahon-samoskyd model 33-7141 [Technical task for the preliminary design work of the self-skid car model 33-7141] [in Ukrainian]
11. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways of the 1520 mm gauge (non-self-propelled)]*. (1996). GosNIIV-VNIIZhT. [in Russian].
12. Vahony-samoskydy (dumpkary). Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh dumpkariv zaliznyts kolii 1520 mm [Dump cars. General requirements for calculations and design of new and modernized railway dump cars of 1520 mm gauge]. *DSTU 7776:2015* [in Ukrainian]
13. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh) [Freight wagons. General requirements for calculations and design of new and modernized wagons of 1520 mm gauge (non-self-propelled)]. (2014). *DSTU 7598:2014* [in Ukrainian]
14. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya novykh vagonov-samosvalov (dumpkarov) kolei 1520 mm [Norms for the calculation and design of new dump of 1520 mm gauge]* (1986) [in Russian]
15. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya novykh i moderniziruemykh vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnykh) [Norms for the calculation and design of new and modernized cars of railways of the Ministry of Railways of 1520 mm gauge (non-self-propelled)]*. (1983). VNIIV-VNIIZHT" [in Russian]
16. *Vahon samoskyd (dumpkar) modeli 33-980. Tekhnichni umovy. [Dump car model 33-980. Specifications]*. (2015). *TU U 30.2-38280327-002:2015*. Kryvyi Rih [in Ukrainian]
17. *Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-9901. Tekhnichni umovy. [Dump car model 33-9901. Specifications]*. (2015). *TU U 35.2-00190957-046:2011*. Kryvyi Rih [in Ukrainian]
18. *Vahon-samoskyd (dumpkar) modeli 33-9901. Tekhnichni umovy [Dump car model 33-9901. Specifications. (with amendments: Notification No. 9908.014:2012 on change No. 1; Notification No. 9908.030:2013 on change No. 2)]*. (2011). *TU U 35.2-00190957-046:2011*. Kryvyi Rih [in Ukrainian]
19. *Vahon-samoskyd «Dumpkar» 2VS-105 (model 33-9909N) Tekhnichni umovy. [Dump car 2VS-105 (model 33-9909N). Specifications. (2008). TU U 35.2-32264561-001:2008*. Kryvyi Rih [in Ukrainian]

В.О. Петренко

Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця»
вул. І. Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна
Телефон: (044) 465 39 95, E-mail: petrenko1520mm@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4142-7938>

АНАЛІЗ ВІДМОВ МОДЕРНІЗОВАНИХ РАМ ВАГОНІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА МОДЕЛІ 19-752

В статті проведено аналіз відмов модернізованих рам вагонів для перевезення зерна на основі довідок вагонного господарства АТ «Укрзалізниця» з метою визначення тенденції щодо зниження відмов та підтвердження ефективності застосування прийнятого конструкторського рішення. Аналіз проведено на основі даних 10 вагонів-зерновозів рами яких були модернізовані в 2018 році і знаходяться в експлуатації по теперішній час. За результатами проведеного аналізу визначено відсутність сталих тенденцій щодо зниження частоти відмов модернізованих вагонів-зерновозів, але позитивна динаміка відмічається у зменшенні кількості відмов рами кузова.

За результатами аналізу рекомендовано збільшити вибірку дослідних вагонів шляхом проведення додаткових модернізацій вагонів-зерновозів та продовжити аналізування відмов модернізованих рам кузовів вагонів-зерновозів з метою побудови моделі відмов та верифікації продовженого строку служби.

Ключові слова: вантажні вагони, вагон-хопер, вагон-зерновоз, аналіз, відмови, модернізація, рама вагона.

В.А. Петренко

Филиал «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт железнодорожного транспорта АО «Укрзалізниця»,
ул. И. Фёдорова, 39, г. Киев, 03038, Украина
Телефон: (044) 465 39 95, E-mail: petrenko1520mm@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4142-7938>

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ РАМ ВАГОНОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНА МОДЕЛИ 19-752

© Петренко В.О., 2022

В статті проведено аналіз отказів модернізованих рам вагонів для перевезення зерна на основі справок вагонного господарства АО «Укрзалізниця» з метою визначення тенденції зниження отказів і підтвердження ефективності застосування прийнятого конструкторського рішення. Аналіз проведено на основі даних 10 вагонів-зерновозів рами, які були модернізовані в 2018 році і перебувають в експлуатації на даний час. За результатами проведеного аналізу визначено відсутність усталених тенденцій по зниженню частоти отказів модернізованих вагонів-зерновозів, але позитивна динаміка відзначається в зменшенні кількості отказів рами кузова.

За результатами аналізу рекомендовано збільшити вибірку досвідчених вагонів шляхом проведення додаткових модернізацій вагонів-зерновозів і продовжити аналіз отказів модернізованих рам кузовів вагонів-зерновозів з метою побудови моделі отказів і верифікації продовженого строку служби.

Ключові слова: грузовые вагоны, вагон-хопер, вагон-зерновоз, анализ, отказы, модернизация, рама вагона

Вступ та постановка проблеми. На сьогоднішній день, в умовах військового часу, особливо важливо, забезпечувати перевізний процес зерна в Україні. Для цього необхідно тримати парк вагонів для перевезення зерна в робочому парку в задовільному технічному стані. Більшість вагонів-зерновозів в Україні вже перейшли межу призначеного строку служби, в зв'язку з цим, з'являються проблеми пов'язані з виникненням руйнувань несівних конструкцій вагонів [1].

З метою забезпечення безперебійного процесу перевезень зерна залізничним транспортом, у 2018 році в рамках виконання плану науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт ПАТ «Укрзалізниця» фахівцями філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» АТ «Укрзалізниця» (далі – НДКТІ) виконано науково-дослідну роботу за темою «Розробка проекту модернізації вагонів-зерновозів моделі 19-752 з відновленням несучої спроможності рами кузова». Матеріали про цю роботу викладені в публікаціях [2, 3]. Результатом даної роботи є розробка та реалізація проекту модернізації рам вагонів НДКТІ.19-752.00.00.000 з метою усунення типових тріщин в місці клепаного з'єднання із заднім упором. Виявлення таких типових дефектів змушує виводити з експлуатації вагони-зерновози, що негативно впливає на готовність парку таких вагонів [4], тому рішення щодо удосконалення рам вагонів-зерновозів шляхом їх модернізації є необхідним та очевидним. Ефективність застосування такого рішення повинно бути доведено розрахунково-експериментальним шляхом (що вже виконано під час постановки на виробництво) та результатами аналізу безвідмовної роботи в експлуатації.

З метою проведення попередніх та приймальних випробувань модернізації за проектом НДКТІ.19-752.00.00.000 філією «Дарницький вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця» було виготовлено п'ять дослідних зразків модернізованих вагонів-зерновозів. За результатами типових ударних випробувань модернізованого вагона-зерновоза моделі 19-752 встановлено, що рівні механічних напружень у його несівних конструкцій не перевищують допустимих значень. Фактичні максимальні значення напружень в рамі кузова становили 280-308 МПа при допустимих 345 МПа. Під час ресурсних випробувань виконано 582 співудари силою від 1 до 3,5 МН і більше, за результати встановлено, що розрахунковий залишковий ресурс модернізованого вагона з посиленою хребтовою балкою складає не менше 6 років [5].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для проведення експлуатаційних випробувань, силами відділу зварювання та ремонту філії НДКТІ в умовах ВЧД Херсон в період з 28.08.2018 по 14.09.2018 проведена робота з модернізації рам кузовів дослідної партії вагонів-зерновозів у кількості 10 одиниць (рис. 1).



Рис.1. Процес проведення модернізації рами кузова вагона-зерновоза

Після виготовлення дослідної партії вагонів за програмою та методикою філії НДКТІ були проведені експлуатаційні випробування протягом 6 місяців, які підтвердили можливість безпечної експлуатації модернізованих рам вагонів-зерновозів. На сьогоднішній день, 10 вагонів, що модернізовані за проектом НДКТІ.19-752.00.00.000 знаходяться в експлуатації починаючи з 2018 року. Для оцінки ефективності застосованої модернізації було вирішено провести аналіз відмов цих вагонів в експлуатації (3 роки до та три роки після модернізації).

Аналіз останніх досліджень.

Питання удосконалення конструкцій вагонів-зерновозів вже розглядалось вітчизняними вченими [6-9], але більшість досліджень зводяться до проектування нових конструкцій в нових вагонах з їх застосуванням в межах призначеного строку служби. В даній роботі піднімається питання підтримки технічної готовності парку наявних вагонів хоперів для перевезення зерна за рахунок удосконалення конструкції, яка відпрацювала призначений строк служби.

Метою роботи є аналіз відмов рам кузовів вагонів-зерновозів в експлуатації, 3 роки до та 3 роки після проведення модернізації рам з метою підтвердження ефективності прийнятого конструкторського рішення. В подальшому результати цієї роботи можуть бути використані для оцінки ефективності застосування проекту

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

НДКТИ.19-752.00.00.000 як запобіжного заходу для недопущення зниження технічної готовності парку вагонів-зерновозів моделі 19-752.

Методи дослідження – прийоми прикладної математичної статистики та аналізу на основі даних довідок вагонного господарства АТ «Укрзалізниця» ГІОЦ УЗ 2087 [10].

Проведення аналізу даних та визначення тенденції відмов

Вибірка для аналізу складалася з 10 вагонів (табл. 1), яким були виконані модернізації рами вагона в 2018 році.

Таблиця 1. Вибірка вагонів-зерновозів

№п/п	Номер вагона	Дата побудови	Дата модернізації рами вагона
1	95217642	01.06.1988	12.09.2018
2	95230843	20.06.1983	13.09.2018
3	95362257	18.12.1982	06.09.2018
4	95379244	01.08.1983	29.08.2018
5	95613568	01.07.1987	11.09.2018
6	95617874	01.11.1987	31.08.2018
7	95680419	01.11.1986	05.09.2018
8	95712451	01.12.1987	04.09.2018
9	95756409	01.06.1988	30.08.2018
10	95979266	25.07.1984	28.08.2018

Вагони побудови 1982-1988 р.р., на момент модернізації їх термін служби коливався від 30 до 36 років. Тобто, всі вагони досягли встановленого нормативного строку служби 30 років на момент модернізації рами та мали відповідні дефекти рами.

Для оцінки технічного стану рами вагона до модернізації та після, були проаналізовані довідки ГІОЦ УЗ 2087 «Кількість вантажних вагонів (всіх та вагонів України у тому числі), які відчеплювалися по кожній несправності до поточного ремонту на залізницях УЗ» за періоди:

- 2015 рік (період з 31.12.2014 17:01 по 31.12.2015 17:00);
- 2016 рік (період з 31.12.2015 17:01 по 31.12.2016 17:00);
- 2017 рік (період з 31.12.2016 17:01 по 31.12.2017 17:00);
- 2018 рік (період з 31.12.2017 17:01 по 31.12.2018 17:00);
- 2019 рік (період з 31.12.2018 17:01 по 31.12.2019 17:00);
- 2020 рік (період з 31.12.2019 17:01 по 31.12.2020 17:00);
- 2021 рік (період з 31.12.2020 20:01 по 31.12.2021 20:00).

Період аналізу даних становить 7 років. 4 роки до модернізації рами вагона (2015, 2016, 2017, 2018) та 3 роки після модернізації рами вагона (2019, 2020, 2021).

За класифікатором КЖА 2005 04 [11] були обрані коди несправностей, що відносилися до рами вагона (табл. 2).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 2. Несправності рами вагона за КЖА 2005 04

Код	Опис несправності
601	Обрив зварних швів однієї або більше заклепки кріплення балок
602	Вертикальний прогин балок рами більше 100 мм
603	Тріщина у вузлах з'єднання хребтової та шкворневої балок
604	Тріщина ковзуна на шкворневій балці
605	Ослаблення кріплення ковзуна на шкворневій балці
606	Тріщина п'ятника
607	Ослаблення кріплення п'ятника
609	Тріщина, що переходить з горизонтальної на вертикальну полицю балок
610	Повздовжня тріщина у балках рами довжиною більше 300 мм
611	Тріщина в надп'ятниковій плиті (фланці) п'ятника не більше 30 мм
612	Вертикальна/повздовжня нахилена тріщина, яка проходить більше ніж через один отвір для болтів або заклепок
613	Довжина вертикальної/ нахиленої тріщини, на одній стінці більше 100 мм між кінцями тріщини
614	Обрив по зварюванню, розрив накладок
615	Тріщина, злам верхнього/вертикального листа поперечної балки рами
616	Злам/тріщина проміжних балок
617	Злам кріплення фітингового упору
618	Злам/тріщина/обрив розкосів
619	Уширення хребтової балки
620	Згин хребтової балки
621	Тріщина кінцевих балок
622	Злам кінцевих балок
623	Розрив верхнього/вертикального листа поперечної балки рами
624	Злам кріплення ковзуна на шкворневій балці

Зазначені несправності прийняті як визначальний параметр [12], значення якого визначає працездатність рами вагона-зерновоза поза межами планових видів ремонту.

Таким чином, був здійснений аналіз вказаних довідок ГІОЦ УЗ 2087 по несправностям рами вагона, що зазначені у таблиці 2, відносно зерновозів таблиці 1. Результати аналізу представлені в таблиці 3.

Таблиця 3. Результати аналізу несправностей рами вагона обраних зерновозів

№ вагона	Дата побудови	Кількість несправностей/код несправності							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Σ
95217642	01.06.1988	1/618							1
95230843	20.06.1983								-
95362257	18.12.1982	1/618			1/621		1/613		3
95379244	01.08.1983	1/618			1/621		1/613		3
95613568	01.07.1987	1/613		1/618					2
95617874	01.11.1987								-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
95680419	01.11.1986								-
95712451	01.12.1987		1/621						1
95756409	01.06.1988								-
95979266	25.07.1984								-

З таблиці 3 можна побачити, що по обраним зерновозам несправності фіксувалися по трьом кодам: 613 – довжина вертикальної/ нахиленої тріщини, на одній стіні більше 100 мм між кінцями тріщин, 618 - злам/тріщина/обрив розкосів, 621 – тріщина кінцевих балок. Рік 2018 є роком виконання модернізації, але несправності, що вказані для 2018 року відбулися раніше, до виконання модернізацій, тому 2018 рік відноситься до періоду без модернізацій. Роки з модернізаціями – 2019, 2020, 2021 р.р.

З обраних 10-ти зерновозів несправності фіксувалися тільки на п'яти вагонах (50% від загальної кількості). На інших п'яти вагонах не було зафіксовано несправностей не до модернізації, не після неї.

Для п'яти вагонів з несправностями, три вагони мали несправності до модернізації (роки 2015-2018) та два вагони мали несправності як до модернізації так і після (роки 2019-2021). Несправності виникали на вагонах років побудови 1982, 1983, 1987, 1988, тобто як для вагонів з меншим терміном служби, так і для вагонів з більшим терміном служби.

Загальна кількість несправностей та їх частота виникнення у кожному році, що досліджувався представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Частота виникнення несправності

Рік	Код несправності			Σ	Частота
	613	618	621		
2015	1	3		4	0,4
2016			1	1	0,1
2017		1		1	0,1
2018			2	2	0,2
2019				0	0
2020	2			2	0,2
2021				0	0
Σ	3	4	3		
Частота	0,3	0,4	0,3		

Аналізуючи таблицю 4 можна побачити, що частоти мають приблизно однакову частоту виникнення відносно типу 0,3 – 0,4. Не можна стверджувати, що якийсь тип несправності переважає. Загальна частота виникнення у кожному році дослідження представлена на рис. 2.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

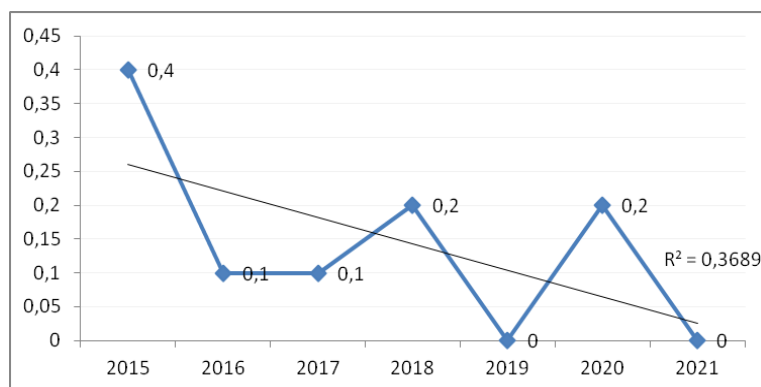


Рис. 2. Загальна частота виникнення несправності у кожному році дослідження

На рисунку 2 можна побачити, що стала тенденція зменшення несправностей після модернізації відсутня, хоча загальна кількість несправностей рами вагона зменшилася відносно періоду до модернізації (8 випадків до модернізації та 2 випадки після), що є однозначно позитивною динамікою.

Висновки.

1. Серед вагонів, що досліджувалися несправності фіксувалися тільки на 50% вибірці (5 вагонів). З цих 50% вагонів, для 30% вагонів (3 вагони) несправності фіксувалися до модернізації рами, для 20% вагонів (2 вагони) несправності фіксувалися як до модернізації так і після, проте після модернізації кількість несправностей була меншою: для кожного з двох вагонів, по 2 випадки до модернізації та по 1 випадку після неї. Для інших 50% вибірки (5 вагонів) несправності не були зафіксовані не до модернізації, не після неї.

2. Частота виникнення несправності відносно року дослідження не демонструє сталої тенденції до зменшення. Розглядаючи період до модернізації, найбільша кількість несправностей фіксується тільки в 2015 році, далі у 2016-2017 вона знижується і у 2018 знову підвищується проте не до рівня 2015 року. У період після модернізації загальна кількість несправностей зменшилася, проте зафіксований стрибок випадків у 2020 році до рівня 2018 року (до модернізації).

3. Отримані результати демонструють зменшення загальної кількості несправностей серед вагонів, що досліджувалися, після модернізації, проте наявність піку (стрибка) у 2020 році не говорить, що така тенденція є сталою. Побудована лінія тренду (рис. 2) демонструє, що отримані дані мають тенденцію до зменшення з часом з довірчою імовірністю 0,368, що є низьким значенням для достовірності такої апроксимації [12]. Але кількісно відмічається позитивна динаміка щодо зменшення відмов рам кузовів вагонів-зерновозів, що ймовірно свідчить про ефективність застосування конструкторського рішення за проектом НДКТІ.19-752.00.00.000.

Рекомендації.

В подальшому рекомендовано збільшити вибірку дослідних вагонів шляхом проведення додаткових модернізацій вагонів-зерновозів моделі 19-752 з типовими дефектами рами кузова за проектом НДКТІ.19-752.00.00.000 та продовжити аналі-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

зування відмов модернізованих рам кузовів вагонів-зерновозів з метою побудови моделі відмов [12] та верифікації продовженого строку служби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петренко В.О., Гордієнко Т.М. Експлуатаційні відмови вагонів-хоперів для перевезення зерна. Залізничний транспорт України. 2020. №1. С. 12-25.
2. Петренко В.О., Буліч Д.І. Дослідження можливості відновлення хребтової балки вантажних вагонів в районі шворневого вузла на основі вагона-зерновоза моделі 19-752. Залізничний транспорт України. 2018. №4. С. 25-32.
3. Фомін О.В., Прокопенко П.М., Горбунов М.І., Сапронова С.Ю. Поліпшення несучої здатності вагона-хопера для перевезення зерна з метою підвищення опору динамічним зусиллям. Вісник Східноукраїнського університету імені Володимира Даля. 2017. №5 (235). С. 88-99.
4. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги. [Чинний від 1997-01-01]. Київ, 1994. 38 с.
5. Петренко В. О., Кельріх М. Б., Прокопенко П. М., Кара С. В. Оцінка несівної здатності модернізованої рами вагона-зерновоза. Залізничний транспорт України. 2022. №3. С. 4-10.
6. Мямлин С. В., Козаченко Д. Н., Вернигора Р. В. Проблемы и перспективы перевозки зерновых грузов железнодорожным транспортом в Украине. Залізничний транспорт України. 2013. №2 (99). С. 32-34.
7. Kelrykh, M., Fomin, O. (2014). Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 6, 64-67.
8. Кебал Ю.В., Шатов В.А., Тьокотев О.М., Мурашова Н.Г. Удосконалення конструкції вагона-хопера для перевезення зерна. Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2017. № 30. С. 113-122.
9. Фомін О.В., Мурашова Н.Г., Воропай В.С., Коваленко В.В. Сучасний стан конструктивної досконалості бункерних вагонів для перевезення зернових та перспективи його розвитку. Вісник Приазовського Державного технічного університету. 2017. №34. С.192-201.
10. ПГОЦ УЗ 2087 Кількість вантажних вагонів (всіх та вагонів України у тому числі), які відчіплювалися по кожній несправності до поточного ремонту на залізницях УЗ. [Електронний ресурс].
11. Класифікатор КЖА 2005 04 Основні несправності вантажних вагонів. [Електронний ресурс].
12. ДСТУ 3433-96 Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. [Чинний від 1999-01-01]. Київ, 1996. 46 с.

V.O. Petrenko

Branch "Research and Design and Technology Institute of Railway Transport" JSC
"Ukrzaliznytsia", str. I. Fedorova, 39, Kyiv, 03038, Ukraine
Phone: (044) 465 39 95, E-mail: petrenko1520mm@gmail.com
ORCID<https://orcid.org/0000-0002-4142-7938>

FAILURE ANALYSIS OF MODERNIZED FRAMES OF WAGONS FOR GRAIN TRANSPORTATION MODEL 19-752

In the work, an analysis of failures of modernized wagon frames for grain transportation was carried out on the basis of the wagon management certificates of JSC "Ukrzaliznytsia" in order to determine the tendency to reduce failures and confirm the effectiveness of the application of the adopted design solution.

The analysis was carried out on the basis of the data of 10 grain wagons, the frames

of which were modernized in 2018 and are still in operation. Based on the results of the analysis, it was determined that there are no stable trends in reducing the frequency of failures of modernized grain wagons, but positive dynamics are noted in the decrease in the number of failures of the body frame.

Thus, it is recommended to increase the sample of experimental wagons by carrying out additional modernizations of grain wagon and to continue the failure analysis of modernized grain wagon body frames in order to build a failure model and verify the extended service life.

Keywords: freight wagons, hopper wagon, grain wagon, analysis, failures, modernization, wagon frame.

REFERENCES

1. Petrenko, V., & Gordienko, T. (2020). Ekspluataciini vidmovy vagoniv-hoperiv dlia perevezennia zerna [Operational failures of hopper wagons for grain transportation]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1, 12-25 [in Ukrainian]
2. Petrenko, V., & Bulich, D. (2018). Doslidzhennya mozhlivosti vidnovlennia hrebtovoi balky vantazhnykh vahoniv v raioni shkvornevoho vuzla na osnovi vagona-zernovoza modeli 19-752 [Investigation of the possibility of restoring the backbone beam of freight wagons in the area of the pivot node based on the model 19-752 grain wagon]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway Transport of Ukraine*, 4, 25-32 [in Ukrainian]
3. Fomin, O., Prokopenko, P., Gorbunov, M., & Sapronova, S. (2017). Polipshennia nesuchoi zdatnosti vagona-hopera dlia perevezennia zerna z metoiu pidvyshchennia oporu dynamichnym zusyilliam [Improving the carrying capacity of a hopper car for transporting grain in order to increase resistance to dynamic forces]. *Visnyk Shkivno-ukrainskoho universytetu imeni Volodymyra Dalia - Bulletin of the Eastern Ukrainian University named after Volodymyr Dahl*, 5 (235), 88-99 [in Ukrainian]
4. Nadiinist tehniky. Metody rozrahunku pokaznykiv nadiinosti. Zahalni vymohy, [Reliability of equipment. Methods of calculating reliability indicators. General requirements]. (1994). *DSTU 2862-94*
5. Petrenko, V., Kellrich, M., Prokopenko, P., & Kara S. (2022). Otsinka nesnoi zdatnosti modernizovanoi ramy vahona-zernovoza [Evaluation of the load-bearing capacity of the modernized frame of the grain wagon]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 3, 4-10 [in Ukrainian]
6. Myamlin, S., Kozachenko, D., & Vernigora, R. (2013). Problemy i perspektyvy perevozky zernovykh hruzov zheleznodorozhnyim transportom v Ukraini [Problems and prospects of transportation of grain cargo by rail in Ukraine]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 2 (99), 32-34 [in Ukrainian]
7. Kelrykh, M., & Fomin, O. (2014). Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry»*, 64-67
8. Kebal, Y., Shatov, V., Tyokotev, O., & Murashova, N. (2017). Udoskonalennia konstruktsii vahonakhopera dlia perevezennia zerna [Improvement of the design of the hopper car for the transportation of grain]. *Zbirnyk naukovykh prats DETUT. Seriya «Transportni systemy i tekhnologii» - Collection of scientific papers DETUT. Transport systems and technologies series*, 30, 113-122 [in Ukrainian]
9. Fomin, O., Murashova, N., Voropai, V., & Kovalenko, V. (2017). Suchasnyi stan konstruktyvnoi doskonalosti bunkernykh vahoniv dlia perevezennia zernovykh ta perspektyvy yoho rozvytku [The current state of structural perfection of hopper wagons for grain transportation and prospects for its development]. *Visnyk Pryazovskoho Derzhavnogo tekhnichnogo universytetu - Bulletin of the Pryazovsky State Technical University*, 34, 192-201 [in Ukrainian]
10. Kilkist vantazhnykh vahoniv (vsiykh ta vahoniv Ukrainy u tomu chysli), yaki vidchipliuvatsia po kozhnii nespravnosti do potochnoho remontu na zaliznytsiakh UZ [The number of freight cars (all and Ukrainian wagons included), which were unhooked for each malfunction before the current repair on UZ railways]. *HIOTs UZ 2087*. [Electronic resource] [in Ukrainian]
11. Osnovni nespravnosti vantazhnykh vahoniv [Main malfunctions of freight wagons]. *Klasyfikator KZha 2005 04 - Classifier KZHA 2005 04* [Electronic resource] [in Ukrainian]
12. Nadiinist tehniky. Modeli vidmov. Osnovni polozhennia [Reliability of equipment. Failure models. General provisions]. (1996). *DSTU 3433-96* [in Ukrainian]

Ю.Я. Водянніков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

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

П.О. Хозя

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

В.С. Речкалов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-1307>

С.О. Столетов

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-2534>

С.В. Мурчков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1521-0153>

ОЦІНКА РЕСУРСУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ПРИ НЕСИСТЕМАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Одним з актуальних завдань проектування та експлуатації конструкцій інноваційних вантажних вагонів є завдання надійної оцінки їхнього ресурсу, діагностики виробленого та прогнозу залишкового ресурсу в процесі експлуатації.

На вирішення зазначених завдань спрямовано подану статтю. У статті наведено формули для оцінки довговічності, що враховують закономірність накопичення втомних ушкоджень. Облік накопичення втомних ушкоджень враховується показником ступеня кількості циклів навантаження, який залежить від рівня напружень.

© Водянніков Ю.Я., Хозя П.О., Речкалов В.С., Столетов С.О., Мурчков С.В., 2022 р.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Показано процедуру обробки вихідних даних, отриманих під час проведення динамічних випробувань вантажного вагона, з метою оцінки довговічності та ресурсу конструкції у лінійній постановці.

Як приклад використовується фрагмент осцилограми з 2000 записів, розмахи амплітуд напружень піддаються схематизації за методом повних циклів. Амплітуди напружень розподіляються за класами (інтервалами). Для цілей розрахунку здійснювалася ступінчаста апроксимація емпіричної функції розподілу та будувався варіаційний ряд. За значеннями варіаційного ряду виконувалася перевірка на нормальність розподілу амплітуд напружень шляхом побудови кривої на папері ймовірності. Ступінчаста функція розподілу амплітуд із зазначенням загального числа циклів у блоці є вихідною інформацією про випадкову навантаженість, яка використовується для розрахунку витривалості. Рухомий склад залізниць зазвичай працює в умовах різного поєднання факторів навантаженості, для яких проводяться тензометричні вимірювання навантажень в умовах експлуатації. На основі цих даних складається змішаний блок навантаження, що відображає роботу конструкції у різних умовах "к" з частками q_k . Наведені формули визначення щільності розподілу, середнього значення амплітуди напружень і середнього квадратичного відхилення для змішаного блоку.

Ключові слова: амплітуда, напруження, частота, розмах, клас, крива втоми, пошкодження, щільність, квадратичне відхилення, вірогідність.

Ю.Я. Водяников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

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

П.А. Хозя

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: +38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

В.С. Речкалов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39621, Украина. Телефон:

+38 (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-1307>

С.А. Столетов

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-2534>

С.В. Мурчков

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1521-0153>

ОЦЕНКА РЕСУРСА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ НЕСИСТЕМАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Одной из актуальных задач проектирования и эксплуатации конструкций инновационных грузовых вагонов является задача надёжной оценки их ресурса, диагностики выработанного и прогноза остаточного ресурса в процессе эксплуатации.

На решение указанных задач направлена представленная статья.

В статье приведены формулы для оценки долговечности, учитывающие закономерность накопления усталостных повреждений. Учет накопления усталостных повреждений учитывается показателем степени для числа циклов нагружения, который зависит от уровня напряжений.

Показана процедура обработки исходных данных, полученных при динамических испытаниях грузового вагона, с целью оценки долговечности и ресурса конструкции в линейной постановке.

В качестве примера используется фрагмент осциллограммы из 2000 записей, размахи амплитуд напряжений подвергаются схематизации по методу полных циклов. Амплитуды напряжений распределяются по классам (интервалам). Для целей расчета осуществлялась ступенчатая аппроксимация эмпирической функции распределения и строился вариационный ряд. По значениям вариационного ряда выполнялась проверка на нормальность распределения амплитуд напряжений путем построения кривой на вероятностной бумаге. Ступенчатая функция распределения амплитуд с указанием общего числа циклов в блоке является исходной информацией о случайной нагруженности, используемой для расчета на выносливость. Подвижной состав железных дорог обычно работает в условиях различного сочетания факторов нагруженности, для которых проводятся тензометрические измерения нагрузок в условиях эксплуатации. На основе этих данных составляется смешанный блок нагружения, отражающий работу конструкции в различных условиях “к” с долями q_k . Приведены формулы для определения плотности распределения, среднего значения амплитуды напряжения и среднего квадратического отклонения для смешанного блока.

Ключевые слова: амплитуда, напряжения, частота, размах, класс, кривая усталости, повреждения, плотность, квадратическое отклонение, вероятность.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Вступ та постановка проблеми.

Більшість деталей машин та конструкцій, зокрема вантажні вагони в процесі експлуатації піддаються впливу змінних у часі навантажень, які є випадковими функціями часу. Якщо рівень змінної напруги перевищує певний рівень, то в матеріалі деталі протікає процес поступового накопичення пошкоджень, що призводить до утворення тріщини, її розвитку та остаточного руйнування деталі. Цей процес називається втомною металою, а відповідне руйнування – втомним.

Тому актуальним є розвиток методів розрахунку динамічної навантаженості елементів машини як складної динамічної системи; оцінки випадкового навантаження елементів із залученням методів теорії випадкових функцій та статистичної динаміки, схематизації випадкових процесів; виявлення експлуатаційних режимів навантаження машини; оцінки опору втомі та втомного ресурсу деталей. Важливість розвитку методів досліджень у цьому напрямі полягає також і в тому, що останнім часом розробляються норми міцності для різних конструкцій, що узагальнюють досвід розрахунку та випробувань несучих систем техніки, накопичений на цей час багатьма дослідниками.

Однак, сучасні ймовірнісні методи розрахунку на міцність при багатоцикловому навантаженні не знайшли достатньо повного відображення для використання в промисловості та, зокрема, в галузі залізничного транспорту.

Перевага ймовірнісних методів порівняно з традиційними методами розрахунку за коефіцієнтами запасу міцності або допустимих напружень полягає в тому, що в них враховуються: реальний випадковий характер зміни експлуатаційних напружень (навантажень); розсіювання показників опору втомі; накопичення втомних ушкоджень при нерегулярному навантаженні.

В результаті ймовірнісних методів розрахунків на втому набувають функції розподілу ресурсу конструкції, що є найважливішою характеристикою її надійності.

Аналіз існуючих досліджень.

Проблемою оцінки втомної міцності, з використанням методів математичної статистики, у різні роки займалися такі видні вчені, як: Афанасьєв Н.М., Волков С.Д., Болотін В.В., Когаєв В.П., Гусєв А.С. та інші, що запропонували свої статистичні теорії втомної міцності.

Афанасьєв Н.М. був одним з перших дослідників, які спробували оцінити втомну міцність, виходячи з її випадкової природи [1]. Теорія Н.М. Афанасьєва зіграла позитивну роль, дозволивши задовільно описати низку закономірностей втомі. Проте ідея про безперервне зростання напружень у «слабких» зернах надалі не підтвердилася експериментально. Крім того, згідно з теорією Афанасьєва, метали, більш чутливі до концентрації напружень, повинні бути менш чутливими до впливу масштабного фактора, проте це також не завжди відповідає експериментальним даним.

Найбільш універсальна статистична теорія була запропонована Волковим С.Д. [2]. Проте, застосування теорії, запропонованої Волковим, ускладнене недостатком у ній різних констант, які визначаються експериментально, що значно обмежує сферу застосування даного підходу.

Болотін В.В. [3] узагальнив і розвинув статистичні теорії міцності стосовно втомного і крихкого руйнування. Ним були отримані рівняння для кривих втомі, що відповідають будь-якій заданій ймовірності руйнування, а також рівняння для середніх значень та стандартних відхилень руйнівного напруження та числа циклів

до руйнування. Болотіним також було запропоновано структурні моделі руйнації, зокрема, модель крихкого руйнування деталі.

Обґрунтування залежності критеріїв втоми від абсолютного розміру деталі, рівня концентрації напружень (оцінюється за відносним градієнтом першого головного напруження) та ймовірності руйнування дана в роботах В.П. Когаєва [4-6] на основі статистичної теорії міцності «слабкої» ланки та розробленої методики визначення параметрів функції розподілу руйнівного напруження. Варто зазначити, що роботи В. П. Когаєва лягли в основу ГОСТ 25.101-83 [7] та ГОСТ 25.504-82 [8]. Методика згідно з ГОСТ 25.504-82 застосовна як мало-, так багатоциклової втоми. Може бути використана як одно-, так багатовісних напружених станів.

Метод розрахунку на втомну міцність, запропонований Гусевим А.С. [9], заснований на визначенні середнього значення та дисперсії ушкоджуваності деталі за 1 цикл навантаження, за допомогою яких проводиться оцінка ресурсу деталі за умови відомих параметрів навантаження та втомної характеристики матеріалу. При цьому використовується лінійний спосіб накопичення пошкоджень. В основу оцінки витривалості за допомогою статистичних теорій покладено два розрахункові способи: Методика ГОСТ 25.504-82 та методика оцінки витривалості за середньою ушкоджуваністю за цикл.

При досить високих навантаженнях залишкові напруження можуть накопичуватися від циклу до циклу, що в кінцевому рахунку викликає руйнування деталей. Вивченню цих питань присвячені роботи Коффіна та Менсона [10, 11]. Залежність, запропонована Менсоном, дає хорошу відповідність експериментальним даним, проте її застосування вимагає властивостей матеріалів, які можна визначити лише за наявності великого експериментального матеріалу.

У роботі [12] описано підходи до випробувань (як лабораторних, так і чисельних) за різних типів навантаження. Розглянуто метод моделювання випадкових процесів за матрицею частотей. Наведено результати чисельного моделювання, що дозволяють проаналізувати необхідну та достатню довжину процесу для оцінки ресурсу.

У статті [13] представлені методи розрахунку та прогнозування довговічності конструкцій локомотива за їх випадкової змінної навантаженості в експлуатації. В основі методу – лінійна гіпотеза накопичення пошкоджень у матеріалі деталі з урахуванням напружень нижче за межу витривалості, у ймовірнісній та детермінованій постановках. При цьому в першому випадку розрахунок виконується з використанням вторинної кривої втоми, а в другому вона розглядається такою, що складається з двох похилих гілок.

Основні поняття.

В основу оцінки витривалості покладено криві втоми, які представляють графіки залежностей числа циклів до руйнування N від амплітуди діючих напружень σ . Характерною особливістю графіків є наявність асимптоти при $N \rightarrow \infty$, а відповідні їм напруження називаються межею витривалості σ_1 . При розрахунках часто використовується умовна межа витривалості, що представляє напруження, за якого зразок матеріалу або елемент конструкції витримує задане число циклів навантаження N_0 .

Криву втоми можна апроксимувати різними способами, проте найпоширенішим є рівняння [2, 3, 4]:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\begin{aligned}\sigma^m \cdot N &= \sigma_{-1}^m \cdot N_0 \quad \text{при } \sigma \geq \sigma_{-1}; \\ N &= \infty \quad \text{при } \sigma < \sigma_{-1},\end{aligned}\tag{1}$$

де m – константа матеріалу.

У логарифмічній системі координат крива втомни перетворюється на пряму, нахилена до осі $\lg N$ під кутом α , що визначається з рівняння (1):

$$\operatorname{ctg} \alpha = m = \frac{\lg N_0 - \lg N}{\lg \sigma - \lg \sigma_{-1}}\tag{2}$$

При оцінці втомної довговічності враховується закономірність накопичення втомних ушкоджень. Закономірності накопичення втомних ушкоджень γ залежать від фізичних властивостей матеріалу і виражаються різними функціями. У загальному випадку ці функції нелінійні і залежать від рівня напружень, які визначаються рівнянням виду [10, 11, 12]:

$$\gamma_n = k(\sigma) \cdot n^{\mu(\sigma)}\tag{3}$$

де n - число циклів навантаження;

γ_n - накопичене ушкодження за n циклів;

σ - напруження;

$\mu(\sigma)$ - коефіцієнт, що залежить від рівня напружень;

$k(\sigma)$ - нормувальний коефіцієнт.

Нормувальний коефіцієнт $k(\sigma)$ визначається за умови, що при руйнівному числі циклів N міра ушкодження $\gamma_N = 1$.

Використовуючи формулу (3), отримаємо:

$$k(\sigma) = N^{-\mu(\sigma)}\tag{4}$$

Припустивши однакову закономірність накопичення ушкоджень при різних рівнях напружень $\mu(\sigma) = \mu = \text{const}$, отримаємо:

$$\gamma_n = \left(\frac{n}{N}\right)^\mu,\tag{5}$$

Експерименти свідчать, що більшість матеріалів $\mu = 0,75 \dots 1,25$ [12]. При $\mu = 1$ рівняння (5) наводиться до лінійної гіпотези накопичення ушкоджень:

$$\gamma_n = \frac{n}{N},\tag{6}$$

Величина одиничного втомного пошкодження γ_0 за один цикл визначається виразом:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

для нелінійного накопичення ушкоджень:

$$\gamma_0 = \frac{\mu(\sigma)}{N^{\mu(\sigma)}} \cdot n^{\mu(\sigma)-1}; \quad (7)$$

для лінійного накопичення ушкоджень:

$$\gamma_0 = \frac{1}{N}.$$

Із співвідношень (7) випливає, що при нелінійному накопиченні пошкоджень втомне ушкодження за один цикл залежить від величини накопиченого втомного ушкодження (від числа накопичених циклів навантаження) і, отже, довговічність залежить від історії навантаження. При лінійному накопиченні пошкоджень довговічність залежить від історії навантаження.

Так, при лінійному законі накопичення втомних ушкоджень при двох, трьох і т.д. рівнях навантаження сумарне пошкодження визначиться за формулою:

$$\gamma_n = \sum_{i=1}^r \frac{n_i}{N_i}, \quad (8)$$

де n_i - число циклів навантажень на i - му рівні;

N_i - граничне (руйнівне) число навантажень для i - го рівня напружень;

r – кількість рівнів.

Підсумовування при нелінійному законі накопичення пошкоджень, що складається з k етапів з постійними напругами σ_i і числом циклів n_i , де $i = 1, 2, \dots, k$ визначається за формулами:

Сумарне втомне ушкодження в кінці першого етапу:

$$\gamma_1 = \left(\frac{n_1}{N(\sigma_1)} \right)^{\mu(\sigma_1)} ;$$

Сумарне втомне ушкодження в кінці третього етапу:

$$\gamma_3 = \left\{ \left[\left(\frac{n_1}{N(\sigma_1)} \right)^{\mu(\sigma_1)} + \frac{n_2}{N(\sigma_2)} \right]^{\frac{\mu(\sigma_2)}{\mu(\sigma_3)}} + \frac{n_3}{N(\sigma_3)} \right\}^{\mu(\sigma_3)} ; \quad (9)$$

Якщо навантаження складаються з трьох етапів, то умова руйнування набуде вигляду:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\left\{ \left[\left(\frac{n_1}{N(\sigma_1)} \right)^{\frac{\mu(\sigma_1)}{\mu(\sigma_2)}} + \frac{n_2}{N(\sigma_2)} \right]^{\frac{\mu(\sigma_2)}{\mu(\sigma_3)}} + \frac{n_3}{N(\sigma_3)} \right\} = 1 ;$$

При довільному числі етапів навантаження умова руйнування запишеться у

вигляді:
$$\left\{ \left[\left(\frac{n_1}{N(\sigma_1)} \right)^{\frac{\mu(\sigma_1)}{\mu(\sigma_2)}} + \frac{n_2}{N(\sigma_2)} \right]^{\frac{\mu(\sigma_2)}{\mu(\sigma_3)}} + \frac{n_3}{N(\sigma_3)} \right\}^{\frac{\mu(\sigma_3)}{\mu(\sigma_4)}} + \frac{n_4}{N(\sigma_4)} + \dots + \frac{n_k}{N(\sigma_k)} = 1 ; \quad (10)$$

Оцінка втоми із застосуванням нелінійної функції накопичення ушкоджень пов'язана зі значними труднощами, тому широке поширення отримала лінійна гіпотеза (див. ф. 6).

Процедура отримання даних для розрахунку довговічності (ресурсу) у лінійній постановці при нерегулярному многоцикловому навантаженні

Як приклад використовується фрагмент реалізації (рис. 1), що складається з 2000 записів (рис. 2), отриманий під час проведення динамічних випробувань вантажного вагона.

Схематизація процесу здійснюється за методом «повних циклів» [7] (рис. 3), причому розмахи напружень відповідають подвоєній амплітуді (табл. 1).

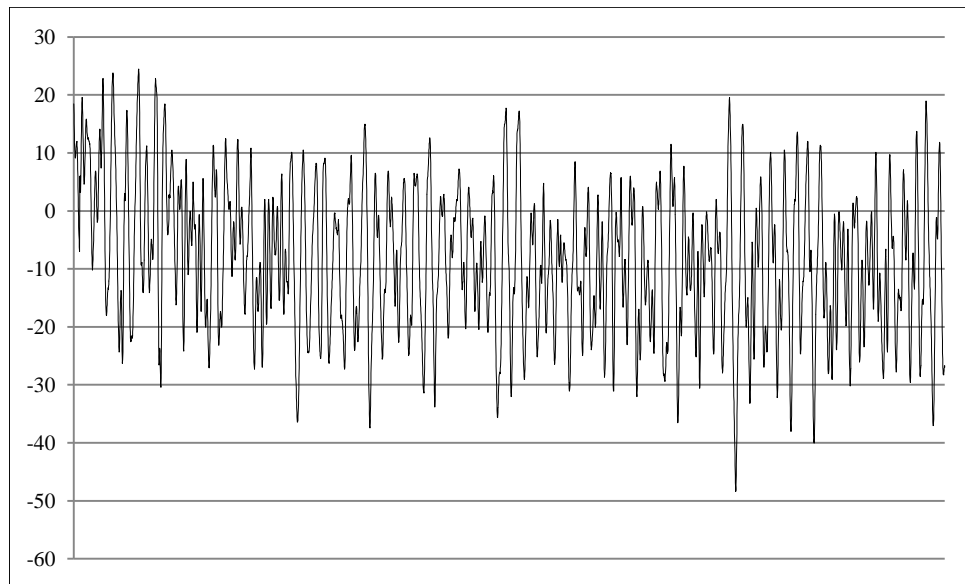


Рис. 1. Осциллограма запису амплітуд напружень

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

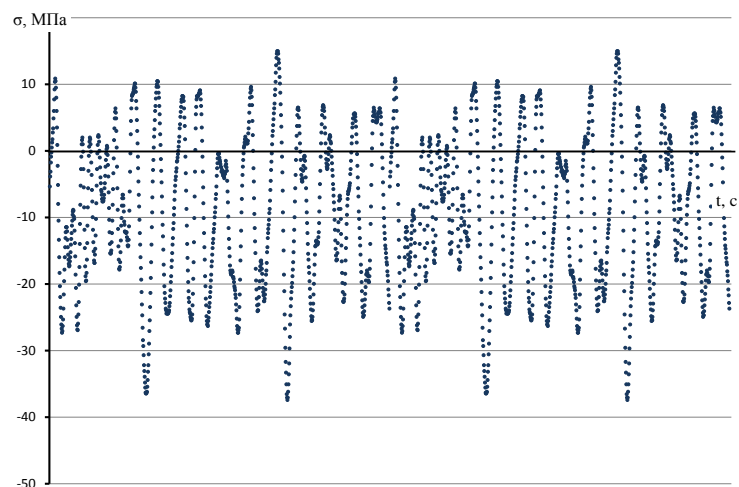


Рис. 2. Фрагмент осцилограми з 2000 записів динамічних напружень під час проведення випробувань вантажного вагона

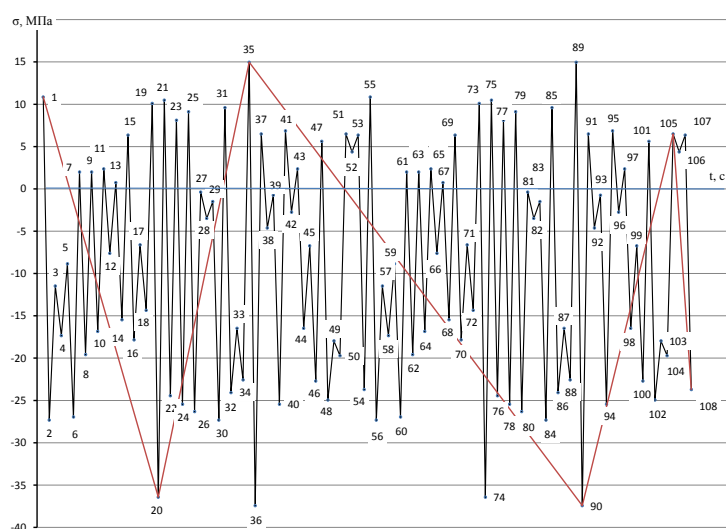


Рис. 3. Приведена осцилограма динамічних напружень методом повних циклів

Амплітуди напружень розподіляються за класами з інтервалом 2 МПа, для кожного інтервалу визначається кількість (частота) амплітуд, що потрапляють в даний інтервал (табл. 2). Оскільки кожен розмах відповідає одному напівциклу напружень, то загальна кількість циклів λ_6 у блоці напружень за час t_6 дорівнюватиме половині числа розмахів: $\lambda_6 = 56/2 = 28$ циклів (див. табл. 1)

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. Розмахи напружень шляхом повних циклів

№ п/п	Розмах	2σ _a , МПа	п/п	Розмах	2σ _a , МПа	№ п/п	Розмах	2σ _a , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1-2	38,2	20	79-84	-27,3	39	28-29	2,0
2	5-6	18,1	21	85-86	-24,1	40	33-34	6,1
3	7-8	21,6	22	2-19	10,1	41	38-39	3,9
4	11-14	17,8	23	56-73	10,1	42	42-43	5,1
5	15-16	24,2	24	36-55	10,9	43	44-45	9,7
6	24-25	34,6	25	91-94	-25,4	44	49-50	1,7
7	26-27	25,9	26	100-101	5,6	45	52-53	2,0
8	31-32	33,7	27	95-102	-25,0	46	57-58	5,9
9	37-40	31,9	28	74-89	15,0	47	63-64	18,8
10	46-47	28,3	29	1-20	-36,4	48	66-67	8,4
11	21-30	37,8	30	20-35	15,0	49	71-72	7,7
12	51-54	30,2	31	35-90	-37,4	50	76-77	32,6
13	59-60	18,1	32	90-105	6,5	51	82-83	2,0
14	61-62	21,6	33	105-108	-23,7	52	87-88	6,1
15	65-68	17,8	34	3-4	-17,3	53	92-93	3,9
16	69-70	24,2	35	9-10	-16,8	54	96-97	5,1
17	75-78	35,9	36	12-13	0,7	55	98-99	9,7
18	80-81	25,9	37	18-17	-14,3	56	103-104	1,7
19	41-48	31,8	38	22-23	8,1			

Для побудови функції розподілу амплітуд напружень, отримані розмахи діляться на 2 і розташовуються у порядку, що зростає.

Таблиця 2. Розподіл частот амплітуд напружень за класами

№ класу	Інтервал, МПа	Середина інтервалу, МПа	Частота попадання	№ класа	Інтервал, МПа	Середина інтервалу, МПа	Частота попадання
1	0-2	1	7	8	14-16	15	8
2	2-4	3	8	9	16-18	17	6
3	4-6	5	4	10	18-20	19	5
4	6-8	7	0	11	20-22	21	1
5	8-10	9	6	12	22-24	23	3
6	10-12	11	2	13	24-26	25	1
7	12-14	13	4	14	26-28	27	1

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

За даними таблиці 2 будується варіаційний ряд амплітуд напружень (табл. 3), графік якого наведено на рис. 4.

Таблиця 3. Варіаційний ряд амплітуд напружень, отриманий за методом повних циклів

i	σ_a , МПа	Сумма частот, h_i	$P_i = \frac{h_i - 0,5}{n}$	i	σ_a , МПа	Сумма частот, h_i	$P_i = \frac{h_i - 0,5}{n}$
1	1	7	0,1161	8	15	39	0,6875
2	3	15	0,2589	9	17	45	0,7946
3	5	19	0,3304	10	19	50	0,8839
4	7	19	0,3304	11	21	51	0,9018
5	9	25	0,4375	12	23	54	0,9554
6	11	27	0,4732	13	25	55	0,9732
7	13	31	0,5446	14	27	56	0,9911

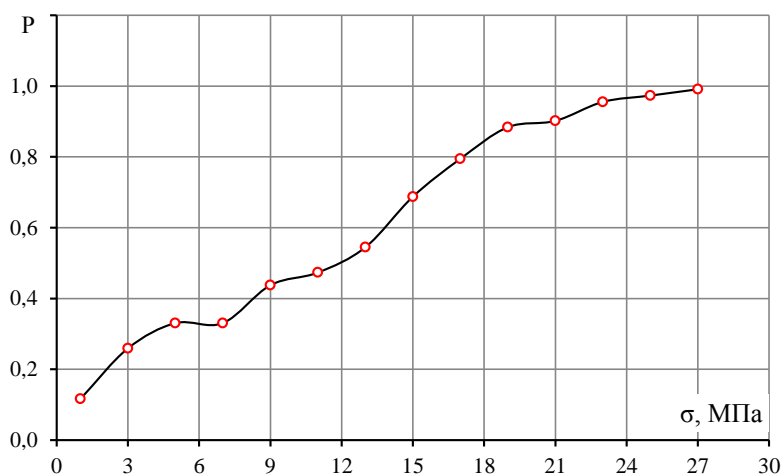


Рис. 4. Емпірична функція розподілу амплітуд напружень

За отриманими ймовірностями таблиці 3 визначаються квантілі розподілу і будується крива (рис. 5), яка свідчить про близькість емпіричного розподілу нормального закону (пряма лінія).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

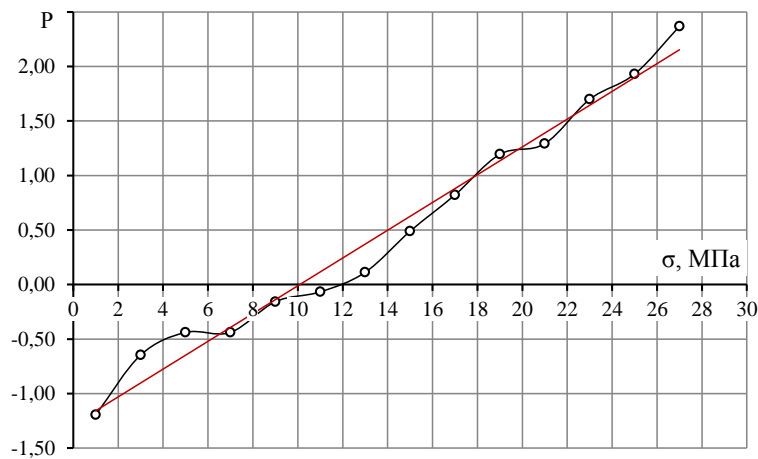


Рис. 5. Емпірична функція розподілу амплітуд напружень на нормальному ймовірнісному папері

Для цілей розрахунку здійснюється ступінчаста апроксимація емпіричної функції розподілу амплітуд напружень (табл. 4) з урахуванням функції розподілу амплітуд напружень, наведеної на рис. 4.

Таблиця 4. Ступінчаста апроксимація емпіричної функції розподілу амплітуд напружень

i	σ_{ai} , МПа	P_i	Інтервал σ_{ai} , МПа	Середина інтервалу σ_{ai} , МПа	$\Delta P_i^{(k)} (P_i - P_{i-1})$	λ_{i6}	$\sigma_{ai} / \sigma_{amax}$
1	2	0,1161	0-2	1	0,1161	7	0,0370
2	4	0,2589	2-4	3	0,1429	8	0,1111
3	6	0,3304	4-6	5	0,0714	4	0,1852
4	8	0,3304	6-8	7	0,0000	0	0,2593
5	10	0,4375	8-10	9	0,1071	6	0,3333
6	12	0,4732	10-12	11	0,0357	2	0,4074
7	14	0,5446	12-14	13	0,0714	4	0,4815
8	16	0,6875	14-16	15	0,1429	8	0,5556
9	18	0,7946	16-18	17	0,1071	6	0,6296
10	20	0,8839	18-20	19	0,0893	5	0,7037
11	22	0,9018	20-22	21	0,0179	1	0,7778
12	24	0,9554	22-24	23	0,0536	3	0,8519
13	26	0,9732	24-26	25	0,0179	1	0,9259
14	28	0,9911	26-28	27	0,0179	1	1,0000

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Ступінчаста функція розподілу амплітуд із зазначенням загального числа циклів у блоці λ_{σ} є вихідною інформацією про випадкову навантаженість, яка використовується для розрахунку на витривалість, причому закон розподілу зручно представляти у відносних величинах $\sigma_{ai}/\sigma_{amax}$.

Рухомих склад залізниць зазвичай працює в умовах, у яких рівень навантаженості буває різним. Тому вводяться фактори, що регламентуються, при різних поєднаннях яких проводяться тензометричні вимірювання навантажень в умовах експлуатації.

Із умов експлуатації шляхом обробки статистичної інформації визначаються очікувані відносні частки p_i роботи вагона в умовах "к" за термін служби. На основі цих даних складається змішаний блок навантаження, що відображає роботу конструкції у різних умовах "к" з частками q_k . Очевидно, має бути:

$$\sum_{k=1}^r q_k = 1 \quad (r - \text{кількість рівнів навантажень})$$

Щільність розподілу змішаного закону $f(\sigma_a)$, середнє значення $\bar{\sigma}_a$ та середнє квадратичне відхилення змішаного закону $S_{\sigma_a}^2$ визначаються за формулами [13, 16]:

$$f(\sigma_a) = \sum_k q_k \cdot f_k(\sigma_a) \quad (11)$$

$$\bar{\sigma}_a = \sum_k q_k \cdot \bar{\sigma}_{ak} \quad (12)$$

$$S_{\sigma_a}^2 = \sum_k q_k \cdot \sigma_{ak}^2 \cdot (1 + \nu_k^2) - \bar{\sigma}_a^2 = \sum_k q_k \cdot [S_{\sigma_{ak}}^2 \cdot (\bar{\sigma}_{ak} - \bar{\sigma}_a)^2] \quad (13)$$

$$\nu_k = \frac{S_{\sigma_{ak}}^2}{\bar{\sigma}_{ak}^2} \quad (14)$$

де $\bar{\sigma}_{ak}$ та $S_{\sigma_{ak}}^2$ - середнє значення та середнє квадратичне відхилення амплітуди σ_{ak} для k -го навантаження;

ν_k - коефіцієнт варіації σ_{ak} .

Число циклів у блоці навантаження також приймається залежним від "к". Число циклів у змішаному блоці обчислюється за формулою:

$$\lambda_{\sigma} = \sum_k \lambda_{\sigma k} \cdot q_k \quad (15)$$

Якщо функція розподілу амплітуд для умов "к" задані у вигляді таблиці 4, тоді ступінчаста функція розподілу амплітуд змішаного блоку визначається виразом: $\Delta P_i = \sum_{k=1}^r q_k \cdot \Delta P_{ik}$, де ΔP_{ik} - значення $\Delta P_i^{(k)}$ для умов "к" (см. табл. 4).

При цьому, розбиття на інтервали по σ_{ak} повинно бути однаковим для всіх "к". Зазначена процедура утворення змішаного блоку навантаження дозволяє врахувати вплив регламентуючих факторів на рівень навантаженості.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Статистичні характеристики при максимальних значеннях амплітуд навантаження визначаються за формулами [13, 16]:

$$\bar{\sigma}_{a,\max} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{r=1}^m \sigma_{a,\max}^{(r)}; \quad (16)$$

$$S_{\sigma_{a,\max}} = \sqrt{\frac{1}{1-m} \cdot \sum_{r=1}^m (\sigma_{a,\max}^{(r)} - \bar{\sigma}_{a,\max})^2} \quad (17)$$

$$v_{\sigma_{a,\max}} = \frac{S_{\sigma_{a,\max}}}{\bar{\sigma}_{a,\max}} \quad (18)$$

де m – число повторних дослідів щодо оцінки функції розподілу змішаного блоку навантаження; досліди показують, що розподіл величин $\sigma_{\sigma_{a,\max}}^{(r)}$ і $\sigma_{\sigma_{ai}}^{(r)}$ може бути прийнято нормальним, причому $v_{\sigma_{a,\max}} = v_{\sigma_{ai}} = v_{\varepsilon}$, а значення випадкових величин $\sigma_{\sigma_{a,\max}}$ і $\sigma_{\sigma_{ai}}$ відповідні заданої ймовірності P можна обчислити за формулами [13]:

$$\sigma_{a,\max} = \bar{\sigma}_{a,\max} \cdot (1 + u_p \cdot v_{\varepsilon}); \quad (19)$$

$$\sigma_{ai} = \bar{\sigma}_{ai} \cdot (1 + u_p \cdot v_{\varepsilon}); \quad (20)$$

де $\bar{\sigma}_{ai}$ - середнє значення величини σ_{ai} ;

u_p - квантиль нормального закону розподілу, що відповідає ймовірності P .

Значення $\bar{\sigma}_{ai}$ визначається за формулою, аналогічною (16)

$$\bar{\sigma}_{ai} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{r=1}^m \sigma_{ai}^{(r)}; \quad (21)$$

Вихідною інформацією про навантаження конструкції, необхідної для розрахунку на витривалість, є: таблиця пар чисел ($\sigma_{ai} / \sigma_{a,\max}, \Delta P_i$) для $i=1, 2, \dots, n$ (форма змішаного закону розподілу амплітуд), величина $\bar{\sigma}_{a,\max}$, коефіцієнт варіації v_{ε} і число циклів у змішаному блоці навантаження λ_{σ} .

Регламентовані фактори навантаження вантажного вагона, при різних поєднаннях яких проводяться тензометричні вимірювання напружень в умовах експлуатації.

Необхідний масив експериментальної інформації з досліджуваних величин при

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ходових випробуваннях міцності вантажного вагона отримують шляхом послідовного набору записів (реалізацій) процесів при різних швидкостях і режимах руху дослідного поїзда на характерних заздалегідь обраних (намічених) ділянках залізничної колії.

Кількість циклів n_k амплітуд динамічних напружень визначають за формулою [17]:

$$n_k = T_p \cdot \rho_{yч,l} \cdot \rho_{v,l,k} \cdot f_{e,l,k} \cdot \lambda_{\sigma,l,k} \quad (22)$$

де l - лічильник номерів ділянок;

$\rho_{yч,l}$ - можливість реалізації ділянки шляху, приймають 0,65 для прямих ділянок шляху, 0,20 для кривих великих радіусів, 0,15 для кривих малих радіусів;

$\rho_{v,l,k}$ - ймовірність реалізації значення швидкості рівня на ділянці шляху з номером l ;

$f_{e,l,k}$ - частота зміни динамічних напружень при русі зі швидкістю рівня до ділянки шляху з номером l , Гц;

$\lambda_{\sigma,l,k}$ - число циклів у блоці навантаження при русі зі швидкістю рівня на ділянці шляху з номером l ;

T_p - сумарний час дії динамічних напружень за розрахунковий термін служби визначається за формулою:

$$T_p = T_k \cdot \frac{\bar{L}}{\bar{V}} \quad (23)$$

де \bar{L} – проектний середньодобовий пробіг вагона, м/добу;

\bar{V} – середня технічна швидкість руху вагона, м/с, приймають за таблицею 5;

T_k – розрахунковий ресурс (призначений календарний термін служби вагона), виражений на добу.

Таблиця 5. Середня технічна швидкість руху для різних значень конструкційної швидкості вагона в кілометрах на годину [17]

Конструкційна швидкість, км/год	Середня технічна швидкість, км/год	Конструкційна швидкість, км/год	Середня технічна швидкість, км/год
200	112	120	81
160	92	100	69
140	89	90	61

Вимірювання динамічних напружень в елементах конструкції вагона при проведенні ходових міцносних випробувань проводяться зі швидкостями [17]:

- на прямій ділянці колії – 20, 40, 60, 80, 100, 120 км/год;

- на кривій R300 - 10, 20, 40, 60 км / год;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- на кривій R700 - 20, 40, 60, 80, 100, 110 км / год;
- на стрілочному переводі марки 1/11 – 10, 20, 30, 40 км/год.

Динамічні сили (динамічні напруження), що діють на конструкцію кузова вагона при русі, і частоту їх зміни визначають з урахуванням розподілу швидкостей руху, наведеного в таблиці 6.

Таблиця 6. Розподіл швидкостей руху для визначення опору втоми вагона згідно з технічною документацією [17]

Інтервал швидкості руху, м/с	Середня швидкість інтервалу, м/с	Ймовірність руху в діапазоні швидкості для вагона з конструкційною швидкістю, м/с (км/год)				
		44,4 (160)	38,9 (140)	33,3 (120)	27,8 (100)	25,0 (90)
від 0,00 до 12,5	6,25	0,02	0,02	0,03	0,05	0,15
понад 12,5 до 15,0	13,75	0,05	0,06	0,07	0,12	0,30
понад 15,0 до 17,5	16,25	0,07	0,07	0,10	0,30	0,35
понад 17,5 до 20,0	18,75	0,09	0,10	0,18	0,20	0,13
понад 20,0 до 22,5	21,25	0,11	0,15	0,15	0,15	0,05
понад 22,5 до 25,0	23,75	0,13	0,15	0,15	0,10	0,02
понад 25,0 до 27,5	26,25	0,15	0,15	0,15	0,06	-
понад 27,5 до 30,0	28,75	0,13	0,10	0,09	0,02	-
понад 30,0 до 32,5	31,25	0,09	0,08	0,06	-	-
понад 32,5 до 35,0	33,75	0,06	0,05	0,02	-	-
понад 35,0 до 37,5	36,25	0,04	0,05	-	-	-
понад 37,5 до 40,0	38,75	0,03	0,02	-	-	-
понад 40,0 до 42,5	41,25	0,02	-	-	-	-
понад 42,5 до 45,0	43,75	0,01	-	-	-	-
понад 45,0 до 47,5	46,25	-	-	-	-	-
понад 47,5 до 50,0	48,75	-	-	-	-	-
понад 50,0 до 52,5	51,25	-	-	-	-	-
понад 52,5 до 55,0	53,75	-	-	-	-	-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Межа витривалості за амплітудою $\sigma_{a,N}$, МПа, для зварних складових частин не-
сних конструкцій визначається розрахунковим способом за формулою [17]:

$$\sigma_{a,N} = \frac{\bar{\sigma}_M}{k_\sigma} \quad (24)$$

де $\bar{\sigma}_M$ - значення межі витривалості базового матеріалу при базовому числі
циклів $N_0 = 10^7$ і односторонньої довірчої ймовірності 95% приймається
 $\bar{\sigma}_M = 47$ МПа для сталі;

k_σ - коефіцієнт зниження межі витривалості, що визначається для різних типів
зварних з'єднань за таблицею 10 [17].

Слід зазначити, що визначення довговічності (ресурсу) вантажного вагона
тільки при впливі динамічних навантажень недостатньо, тому що на його
конструкцію спільно з динамічними діють поздовжні сили.

Оскільки обсяг статті обмежений редакційними вимогами, її продовження буде
опубліковано у наступному випуску збірника наукових праць.

ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьев Н. Н. Статистическая теория усталостной прочности металлов. 1953. Киев, Изд-во АН УССР, 123 с.
2. Волков С. Д. Статистическая теория прочности. 1960. М.: Машгиз, 176 с.
3. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. 1990. М.: Машиностроение. 448 с.
4. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. 1977. М.: Машиностроение, 232 с.
5. Когаев В. П., Дроздов Ю. Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: Высшая школа, 1991. 319 с.
6. Когаев В. П., Махутов М. А., Гусенков А. П. Расчеты деталей машин на прочность в машиностроении. М.: Машиностроение, 1985. 233 с.
7. ГОСТ 25.101-83, Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. М. Государственный комитет СССР по стандартам. 1984. 25 с.
8. ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. М. Государственный комитет СССР по стандартам. 1982. 132 с.
9. Гусев А. С. Сопротивление усталости и живучесть конструкций при случайных нагрузках. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.
10. Coffin L.F. A study of the Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal, Trans, American Society of Mechanical Engineers, Vol 76, 1954. 931-950 p.
11. Manson S.S. Fatigue and durability of metals at high temperatures, ASM International, 2009. 265с.
12. Гусев А.С. Расчет конструкций при случайных воздействиях. А.С. Гусев, В.А. Светлицкий: М., «Машиностроение», 1984, 240 с.
13. Когаев В.П. Расчет деталей машин на прочность при многоцикловом нагружении. М: Машиностроение, 1985, 64 с.
14. Гадолина. И.В. Лабораторный и численный эксперимент при случайном нагружении как альтернатива испытаниям при регулярном нагружении (Труды конференции - Москва, 26-28 октября 2016 года). И.В.Гадолина, А.А.Монахова, И.М.Петрова, И.Л.Серебрякова. М: Изд-во ИМАШ РАН. 2016. 4-7 с.

15. Коссов В. С. Методы определения ресурса конструкций локомотивов (Труды конференции - Москва, 26-28 октября 2016 года). Э. С. Оганьян, Г. М. Волохов, А. С. Гасюк, Н. Ф. Красюков, А. Л. Протопопов. М: Издво ИМАШ РАН. 2016. 76-81 с.

16. Когаев В.П. Статистические характеристики сопротивления усталости и расчет на прочность деталей машин. В кн.: Совершенствование расчетов прочности и надежности машин на основе статистических методов. М.: «Машиностроение», 1972, 10-28 с.

17. ГОСТ 33211-2014. Межгосударственный стандарт. ВАГОНЫ ГРУЗОВЫЕ. Требования к прочности и динамическим качествам. – М.: Издание официальное, Стандартинформ, 2016. 54 с.

18. Хан. Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. М. Мир, 1969. 395 с.

19. Когаев В.П. Расчетная оценка пределов выносливости деталей машин. Вестник машиностроения, 1972, № 1, С. 11-14.

20. Москвитин Г.В., Лебединский С.Г. Закономерности развития усталостных трещин в стали литых деталей железнодорожных конструкций. Проблемы машиностроения и надежности машин. №5. 2016. С. 51-54.

21. Махутов Н.А., Петрова И.М., Гадолина И.В. Использование результатов испытаний при нерегулярном нагружении для определения параметров модифицированной кривой усталости. Заводская лаборатория. №4. 2011. С. 46-50.

22. Махутов Н.А., Гапанович В.А., Коссов В.С., Оганьян Э.С., Красюков Н.Ф., Волохов Г.М. Методы определения ресурса и циклической прочности конструкций экипажной части локомотивов. ТРАНСПОРТ: Наука, техника, управление. ВИНТИ РАН. Москва, 2016. № 10. С. 3 – 12.

Yu.Ya. Vodiannikov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

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

P.O. Khozia

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8948-6032>

V.S. Rechkalov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute"

33 I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

tel.: (05366) 6-20-43

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4005-1307>

S.A. Stolietov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "

33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

Tel.: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-2534>

S.V. Murchkov

State Enterprise "Ukrainian Scientific Railway Car Bulding Research Institute"

33 I. Prikhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine

tel.: (05366) 6-20-43

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1521-0153>

ESTIMATION OF FREIGHT CARS SERVICE LIFE UNDER NON-SYSTEMIC LOADING IN OPERATION

One of the urgent tasks of designing and operating the structures of innovative freight cars is the reliable assessment of their service lifetime, diagnostics of the produced and forecast of the residual service life under operation.

The presented article is aimed at solving these problems. The article presents formulas for estimating durability, taking into account the pattern of fatigue damage accumulation. Recording of fatigue damage accumulation is determined by the degree of the loading cycle number, which depends on the stress level.

The procedure for initial data processing obtained during the dynamic tests of a freight car is shown in order to assess the durability and lifetime of the structure in a linear setting. As an example, a fragment of an oscillogram of 2000 thousand records is used, the voltage amplitudes are schematized by the method of complete cycles. Stress amplitudes are divided into classes (intervals). For calculation purposes, a stepwise approximation of the empirical distribution function was performed and a variational series was generated. The values of the variational series were used to check the normality of the distribution of stress amplitudes by plotting a curve on a probabilistic paper. The stepwise amplitude distribution function indicating the total number of cycles in the block is the input of the random loading used to calculate the endurance. Railway rolling stock usually operates under conditions of various loading factors combinations, for which tensometric measurements of loads are carried out under operating conditions. Based on these data, a mixed load block is compiled, which reflects the operation of the structure in various conditions "k" with fractions q_k . Formulas are given for determining the distribution density, the average value of the voltage amplitude and the standard deviation for a mixed block.

Key words: amplitude, stresses, frequency, range, class, mixed block, fatigue curve, damage, density, standard deviation, mean, probability.

REFERENCES

1. Afanasev, N. N. (1953). *Statisticheskaya teoriya ustalostnoj prochnosti metallov [Statistical theory of fatigue strength of metals]*. Kiev: Izdatelstvo AN USSR [in Russian]
2. Volkov, S. D. (1960). *Statisticheskaya teoriya prochnosti [Statistical theory of strength]*. Moscow: Mashgiz [in Russian].
3. Bolotin, V. V. (1990). *Resurs mashin i konstrukcij [Service lifetime of machines and constructions]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Kogaev, V. P. (1977). *Raschety na prochnost' pri napryazheniyah, peremennyh vo vremeni [Calculations for strength at stresses variable in time]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
5. Kogaev, V. P., & Drozdov Iu. N. (1991). *Prochnost i iznosostojkost detalej mashin. [Strength and wear resistance of machine parts]*. Moscow: Vysshaya Shkola [in Russian]
6. Kogaev, V. P., Makhutov M. A., & Gusenkov A. P. (1985). *Raschety detalej mashin na prochnost v mashinostroenii [Calculations of machine parts for strength in mechanical engineering]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
7. *Metody skhematizatsii sluchajnyh processov nagruzheniya elementov mashin i konstrukcij i statisticheskogo predstavleniya rezultatov [Methods for schematization of stochastic processes of loading machine and structure elements and statistical presentation of results]* (1983). *GOST 25.101-83*. [in Russian]
8. *Raschety i ispytaniya na prochnost. Metody rascheta harakteristik soprotivleniya ustalosti [Calculations and strength tests. Methods for calculating the characteristics of fatigue resistance]* (1982). *GOST 25.504-82* [in Russian]

9. Gusev, A. S. (1989). *Soprotivlenie ustalosti i zhivuchest konstrukcij pri sluchajnyh nagruzkah* [Resistance to fatigue and survival of structures under random loads]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
10. Coffin, L.F. (1954). A study of the Effects of Cyclic Thermal Stresses on a Ductile Metal. *Trans. American Society of Mechanical Engineers*, Vol 76, 931-950 [in Russian]
11. Manson, S.S. (2009). Fatigue and durability of metals at high temperatures, *ASM International*.
12. Gusev, A.S., & Svetlitskii V.A. (1984). *Raschet konstrukcij pri sluchajnyh vozdeystviyah* [Calculation of structures under random influences]. Moscow, Mashinostroenie [in Russian]
13. Kogaev, V.P. (1985). *Raschet detalej mashin na prochnost pri mnogociklovom nagruzenii* [Calculation of machine parts for strength under high-cycle loading]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
14. Gadolina I.V., Monakhova A. A., Petrova I.M., & Serebriakova I. L. (2016). Laboratornyj i chislennyj eksperiment pri sluchajnom nagruzenii kak alternativa ispytaniyam pri reguljarnom nagruzenii [Laboratory and numeral experiment at a casual loadening as an alternative to the tests at a regular loadening]. *Proceedings from Conference - Moscow, Oktober 26-28, 2016*. Moscow: Izdatelstvo IMASH RAN [in Russian]
15. Kossov, V. S., Oganian E. S., Volokhov G. M., Gasiuk A. S., Krasiukov N. F., & Protopopov A. L. (2016). Methods of determination of lifetime for locomotives structures [Metody opredeleniya resursa konstrukcij lokomotivov]. *Proceedings from Conference - Moscow, Oktober 26-28, 2016*. Moscow: Izdatelstvo IMASH RAN [in Russian]
16. Kogaev, V.P. (1972). *Statisticheskie harakteristiki soprotivleniya ustalosti i raschet na prochnost detalej mashin* [Statistical characteristics of fatigue resistance and strength calculation of machine parts]. Sovershenstvovanie raschetov prochnosti i nadezhnosti mashin na osnove statisticheskikh metodov - Improving calculations of strength and reliability of machines based on statistical methods (pp. 10-28). Moscow: Mashinostroenie [in Russian]
17. Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam [Freight cars. Requirements for strength and dynamic qualities]. (2016). *GOST 33211-2014*. Moscow: Standartinform [in Russian]
18. Khan, G., & Shapiro S. (1969). *Statisticheskie modeli v inzhenernyh zadachah* [Statistical models in engineering tasks]. Moscow: Mir
19. Kogaev, V.P. (1972). Raschetnaya ocenka predelov vynoslivosti detalej mashin [Estimated assessment of endurance limits of machine parts]. *Vestnik mashinostroeniya - Bulletin of mechanical engineering*, 1, 11-14 [in Russian]
20. Moskvitin, G.V., & Lebedinskij, S.G. (2016). Zakonomernosti razvitiya ustalostnyh treshchin v stali lityh detalej zheleznodorozhnyh konstrukcij [Patterns of development of fatigue cracks in the steel of cast parts of railway structures]. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin - Problems of mechanical engineering and reliability of machines*, 5, 51-54 [in Russian]
21. Makhutov, N.A., Petrova, I.M., & Gadolina, I.V. (2011). Ispolzovanie rezultatov ispytaniy pri ne-reguljarnom nagruzenii dlya opredeleniya parametrov modifitsirovannoj krivoj ustalosti [Use of test results under non-regular loading to determine the parameters of the modified fatigue curve]. *Zavodskaya laboratoriya - Factory laboratory*, 4, 46-50 [in Russian]
22. Makhutov, N.A., Gapanovich, V.A., Kossov, V.S., Oganyan, E.S., Krasnyukov, N.F., & Volohov, G.M. (2016). Metody opredeleniya resursa i ciklicheskoj prochnosti konstrukcij ekipazhnoj chasti lokomotivov. [Methods for determining the service lifetime and cyclic strength of the undercarriage structures of the locomotives]. *TRANSPORT: Nauka, tekhnika, upravlenie - TRANSPORT: Science, technique, management*, 10, 3 – 12. Moscow: VINITI RAN [in Russian].

Ж. О. Семко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

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

Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com

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

СИСТЕМА РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ТЕХНІКИ. АТЕСТАЦІЯ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Загально відомо, що життєвий цикл продукції містить такі стадії, як проектування, виробництво, експлуатація, технічне обслуговування та ремонт, утилізація. Наряду із такими важливими стадіями як проектування та виробництво не менш важливою є стадія технічного обслуговування та ремонту. Забезпечення якісного виконання цього процесу є вагомим фактором у продовженні життєвого циклу продукції із забезпеченням її відповідного стану для виконання функцій за призначенням. Тобто метою стадії технічного обслуговування та ремонту є збереження технічної функціональності продукції за рахунок підтримання на відповідному рівні її якісних та кількісних характеристик та нарешті економія коштів на придбання нової техніки, що теж є не останнім важливим чинником у впровадженні виробничого процесу.

Задля досягнення цієї мети необхідні наступні фактори: наявність ремонтної бази із відповідним обладнанням, відповідної документації на виконання робіт із обслуговування та ремонту, кваліфікованого персоналу для здійснення певних видів робіт, інших ресурсів для виконання поставлених завдань.

При цьому отримувач послуг з технічного обслуговування та ремонту або споживач кінцевого результату після виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту мають бути впевненими у отримання якісно виконаних послуг чи якісно відремонтованої продукції. В цьому випадку доречним стає оцінка відповідності виробництва з технічного обслуговування та ремонту третьою незалежною стороною (органами з оцінки відповідності або сертифікації), тобто – атестація виробництва.

Ключові слова: технічне обслуговування та ремонт, атестація виробництва, відповідність встановленим вимогам, галузь застосування технічних можливостей, контрольні випробування.

© Семко Ж. О., 2022

Ж. А. Семко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-02-50, E-mail: shaganne@gmail.com

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

СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ И ПОСТАНОВКИ ПРОДУКЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВО. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ТЕХНИКИ. АТТЕСТАЦИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Общеизвестно, что жизненный цикл продукции содержит такие стадии, как проектирование, производство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, утилизация. Наряду с такими важными стадиями как проектирование и производство не менее важной является стадия технического обслуживания и ремонта. Обеспечение качественного выполнения этого процесса является весомым фактором в продлении жизненного цикла продукции с обеспечением ее соответствующего состояния для выполнения функций по назначению. То есть целью стадии технического обслуживания и ремонта является сохранение технической функциональности продукции за счет поддержания на соответствующем уровне ее качественных и количественных характеристик и в конце концов экономия средств на приобретение новой техники, что также является не последним важным фактором при внедрении производственного процесса.

Для достижения этой цели необходимы следующие факторы: наличие ремонтной базы с соответствующим оборудованием, соответствующей документации на выполнение работ по обслуживанию и ремонту, квалифицированного персонала для проведения определенных видов работ, других ресурсов для выполнения поставленных заданий.

При этом получатель услуг по техническому обслуживанию и ремонту или потребитель конечного результата после выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту должны быть уверены в получении качественно выполненных услуг или качественно отремонтированной продукции. В этом случае логичной становится оценка соответствия производства по техническому обслуживанию и ремонту третьей независимой стороной (органами по оценке соответствия или сертификации), то есть – аттестация производства.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт, аттестация производства, соответствие установленным требованиям, область применения технических возможностей, контрольные испытания.

Вступ

Вимоги щодо проведення атестації виробництва було встановлено у ДСТУ 3414-96 [1], який на даний час не є чинним в Україні, але задля забезпечення узагальненого процесу атестації положення цього стандарту не заборонено використовувати

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

будь-якому органу з оцінки відповідності (сертифікації, далі ООВ (ОС)) під час створення системи управління своєю діяльністю.

Отже, згідно із положеннями [1]:

1 Атестація виробництва - це процедура оцінки технічних можливостей підприємства-заявника щодо забезпечення стабільного випуску продукції/надання послуг, зокрема з технічного обслуговування, ремонту або відновлення продукції, які відповідають вимогам нормативних документів (національних стандартів, стандартів підприємств та ін.)

2 Процедура атестації представляє собою комплексну перевірку відповідності матеріально-технічної бази, нормативної та нормативно-технічної документації, рівня професійної підготовки персоналу, організаційних заходів, спрямованих на забезпечення стабільності якісних показників кожного виду продукції чи послуг, що надаються.

3 Підприємство, що має намір здійснити атестацію виробництва, повинно мати повний комплект технічної документації на продукцію та її виробництво (включаючи нормативну, конструкторську документацію, або документацію, що визначає склад продукції, технологічну документацію). Склад технічної документації визначається особливостями продукції та технологією її виробництва.

4 Оцінка технічних можливостей виробництва здійснюється за головними етапами технологічного процесу (процесів).

Примітка. Головним етапом технологічного процесу є та технологічна операція, після якої показник (характеристика) кінцевої продукції може бути оцінений через здійснення контролю цього показника у частково виготовленій (відремонтованій, відновленій) продукції з урахуванням точного уявлення про подальший процес виготовлення (технічного обслуговування, ремонту або відновлення).

5 Основним завданням перевірки виробництва під час атестації є оцінка відповідності інформації, що наведена у вихідних документах, фактичному стану безпосередньо на підприємстві, а також проведення необхідних випробувань для підтвердження технічних можливостей виробництва.

6 Оцінка виробництва – це процес перевірки ступеня відповідності технічних можливостей виробництва заданим вимогам.

Основним документом, на підставі якого підтверджується відповідність технічних можливостей підприємства здійснювати виробничий процес є інструкція з атестації технічних можливостей. Підприємство розробляє інструкцію на підставі особливостей продукції, технологічного процесу та отриманих статистичних даних щодо якісних та кількісних показників цієї продукції.

7 Галузь застосування технічних можливостей визначається за результатами випробувань зразків готової після ремонту продукції на відповідність вимогам програми випробувань.

Примітка. Випробуванням піддають 100 % зразків продукції із виробництва.

Крім того, за сучасних умов впровадження системи технічного регулювання атестація виробництва надає певні переваги, а саме:

8 За позитивного результату проходження процедури атестації заявнику видається Атестат виробництва з терміном дії до 3 років. У подальшому Атестат виробництва може бути використаний в процедурі оцінки відповідності для отримання сертифікату відповідності чи оформлення декларації при підтвердженні вимог технічних регламентів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

9 Атестат виробництва в першу чергу потрібен підприємствам, які планують брати участь у тендерах і які не можуть в силу об'єктивних причин продемонструвати продукцію та сертифікат відповідності на неї. Це актуально у випадку ремонтних підприємств або в випадку виготовлення фінансово затратної продукції, яка випускається на замовлення. Також у деяких сферах (наприклад залізничний транспорт, виробництво алкоголю) атестат виробництва вимагається галузевими стандартами. Наявність атестату виробництва дає перевагу для будь-якого підприємства, яке піклується про підвищення ефективності процесів та якості виконання робіт, але ще не готове до впровадження та сертифікації системи якості.

10 Оцінка якості відремонтованої продукції, виконується з метою:

- оцінки відповідності конкретної продукції (партії продукції) заданому рівню якості та безпеки (поточна оцінка);
- визначення стабільності якості відремонтованої продукції (періодична оцінка);
- перевірка ефективності змін, внесених в конструкторську документацію, що стосується відремонтованої продукції;
- визначення рівня якості та безпеки відремонтованої продукції та встановлення її відповідності заданим вимогам (атестація виробництва, оцінка відповідності (сертифікація) продукції).

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Нажалі із скасуванням з 1 січня 2018 основоположних стандартів серії 3400 стосовно Державної системи сертифікації (яка до 01.01.2016 була системою сертифікації УкрСЕПРО), вимоги нормативно-правових актів та нормативних документів щодо проведення атестації виробництва, визначені лише у:

- Законі України Про внесення змін до Закону України Про молоко та молочні продукти щодо безпечності та якості молочних продуктів [2];
- Порядку проведення атестації виробництва спирту етилового, коньячного і плодового, алкогольних напоїв та тютюнових виробів затвердженому наказом Державного комітету стандартизації, метрології та сертифікації від 29.02.96 N 85 [3];
- Порядку проведення атестації виробництва ветеринарних імунобіологічних препаратів Наказ Державного департаменту ветеринарної медицини 10.03.2005 N 21 [4].

Матеріали та методи дослідження

Як було наведено вище для здійснення процесу атестації підприємство повинне мати:

- нормативну документацію, що поширюється на продукцію або виробничі процеси;
- конструкторську документацію, що розроблена відповідно до чинних національних стандартів, зокрема ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 [5], ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 [6], ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 [7], ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 [8], ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 [9], ДСТУ ГОСТ 2.511:2014 [10], ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 [11], ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 [12];

у разі розроблення технічних умов щодо технічного обслуговування та ремонту доречним буде використання ДСТУ-Н 4486:2005 [13];

- технологічну документацію на технологічні процеси, розроблену відповідно до ДСТУ ГОСТ 3.1001:2014 [14], ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 [15], ДСТУ ГОСТ

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

3.1103:2014 [16], ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 [17], ДСТУ ГОСТ 3.1116:2014 [18], ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014 [19], ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014 [20].

При цьому, слід нагадати, що відповідно до статті 23 Закону України Про стандартизацію [21] національні стандарти «застосовуються на добровільній основі, крім випадків, якщо обов'язковість їх застосування встановлена нормативно-правовими актами».

Також до початку атестації підприємство повинно мати документи, в яких наводяться відомості щодо:

- а) організації контролю якості;
- б) організації контролю за випуском продукції;
- в) структури відповідальності виробничого персоналу перед вищим рівнем керівництва за якість виготовлення продукції та виконання робіт;
- г) системи контролю якості в ході технологічного процесу, включаючи контроль матеріалів та виробів;
- д) системи контролю за внесенням змін до технічної документації на продукцію;
- е) засобів вимірювальної техніки, контролю та випробувального обладнання, що використовуються під час виробництва продукції;
- ж) системи перевірки засобів вимірювальної техніки, контролю та атестації випробувального обладнання;
- з) порядку формування та позначення вибірок з партій продукції для випробувань або контролю;
- і) порядку реєстрації результатів контролю та випробувань.

Вимоги щодо проведення контрольних випробувань та оформлення їх результатів містять зокрема таке:

- 1) Протоколи випробувань, крім результатів випробувань, повинні вміщувати:
 - назву підприємства;
 - назву та позначення продукції;
 - позначення та назву нормативного документа на продукцію;
 - підписи виконавців та головного контролера.
- 2) Контрольні випробування з метою підтвердження технічних можливостей мають проводитись періодично, але не рідше одного разу на місяць. Виключенням може бути проведення планового ремонту технологічного обладнання, яке використовується для виробництва продукції, форс мажорні обставини тощо.
- 3) Для зручності простежування результатів випробувань, наведених у протоколах, доцільно застосовувати послідовність викладення, номери та найменування показників продукції таким чином, як вони представлені в інструкції з атестації технічних можливостей (далі – ІАТМ).
- 4) На підприємстві має бути забезпечено реєстрацію та зберігання результатів контролю, вимірювань та випробувань продукції, що випускається атестованим виробництвом, для надання цих результатів за запитом ООВ (ОС) або інших органів нагляду та контролю.
- 5) Відбір та ідентифікація зразків продукції для проведення випробувань з метою підтвердження технічних можливостей здійснюється згідно з вимогами або правилами, встановленими ООС (ОС).
- 6) Випробування з метою підтвердження технічних можливостей безпосередньо на підприємстві проводить персонал випробувальної лабораторії (центру), що має технічну компетентність, та яка (який) визначена (ий) ООВ (ОС), або персонал під-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

приємства під керівництвом головного контролера та під спостереженням персоналу ООВ (ОС).

7) Під час випробувань застосовуються ті засоби вимірювальної техніки та контролю (засоби випробувань), які встановлені для конкретного показника нормативною або технологічною документацією та належать підприємству-виробнику. Допускається застосовувати засоби більш високого класу або ті, що мають меншу похибку, ніж встановлено документацією. При цьому аудиторі оцінюють придатність засобів для проведення випробувань за встановленою в ОС процедурою.

Для прийняття рішення за кожним показником (характеристикою) обирають критерії, виходячи з такого:

1) якщо в нормативній або технологічній документації передбачений суцільний контроль показника кожної одиниці продукції, що випускається, або частково виготовленої продукції, а також документування результатів вимірювального контролю, то достатніми умовами для прийняття позитивного рішення є:

- відповідність границь вимірювань та похибок засобів вимірювальної техніки і контролю (показників точності виконання вимірювань), що застосовуються, допуску, що контролюється;

- урахування похибок методів та засобів вимірювальної техніки (випробувань), що застосовуються під час запису вирішального правила приймання продукції в нормативній або технологічній документації;

- відповідність умов виконання вимірювань (випробувань) та наявного діапазону зовнішніх чинників впливу на продукцію вимогам документації;

2) якщо в нормативній або технологічній документації передбачений вибірковий контроль показника продукції, що випускається, або частково виготовленої продукції, а також документування результатів вимірювального вибіркового контролю, то достатніми умовами для прийняття позитивного рішення є:

- відповідність границь вимірювань та похибок засобів вимірювальної техніки і контролю (показників точності виконання вимірювань), що застосовуються, допуску, що контролюється;

- урахування похибок методів та засобів вимірювальної техніки (випробувань), що застосовуються під час запису вирішального правила приймання продукції в нормативній або технологічній документації;

- наявність запасу технологічної точності, що експериментально підтверджений під час випробувань та становить не менше, як подвоєне середньоквадратичне відхилення показника, що контролюється;

3) якщо в нормативній або технологічній документації передбачений вибірковий контроль показника продукції, що випускається, або частково виготовленої продукції, а також документування результатів вимірювального вибіркового контролю, але запас технологічної точності відсутній, то достатніми умовами для прийняття позитивного рішення є:

- відповідність границь вимірювань та похибок засобів вимірювальної техніки і контролю (показників точності виконання вимірювань), що застосовуються, допуску, що контролюється;

- урахування похибок методів та засобів вимірювальної техніки (випробувань), що застосовуються під час запису вирішального правила приймання продукції в нормативній або технологічній документації;

- відповідність умов виконання вимірювань (випробувань) та наявного діапазону зовнішніх чинників впливу на продукцію вимогам документації;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- використання під час виготовлення продукції карт контролю середнього значення та розмаху показника (операційного контролю з обґрунтованою періодичністю і тощо), які виключають ймовірність випуску продукції з відхиленнями від установлених вимог до показника.

Вище наведено загальні умови проведення атестації виробництва, але для підприємств, що виконують або збираються виконувати послуги з технічного обслуговування та ремонту, є деякі особливості та відмінності. Вони полягають у специфічному характері виконуваних робіт. При цьому, обов'язково мають бути ураховані подальші дії з продукцією, що проходила технічне обслуговування та ремонт. Наприклад, у разі виконання планових видів ремонту (деповського або капітального) мають бути ураховані вимоги правил, інструкцій та інших нормативних документів, наприклад СТП 10-004:2019 [22], СТП 04-010:2018 [23], СТП 04-015:2018 [24], СТП 04-016:2018 [25], СТП 04-018:2018 [26], СТП 04-019:2018 [27], СТП 04-020:2018 [28], а у разі виконання капітального ремонту вантажних і пасажирських вагонів з продовженням строку служби, має бути ураховано вимоги ДСТУ-Н ПМГ 73:2014 [29].

Крім того, у разі освоєння виробництва з виконання технічного обслуговування та ремонту, підприємству необхідно виконати процедуру постановлення на виробництво згідно з ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 [30]. При цьому, етапи постановлення на виробництво щодо виконання технічного обслуговування та ремонту, зміст та обсяг робіт, результати виконання та оформлення документів за кожним певним етапом не відрізняються від постановлення на виробництво нової продукції. Але для досягнення основної мети – надання якісних послуг з технічного обслуговування та ремонту, під час підготовки виробництва слід звернути увагу на:

- визначення параметрів та характеристик технологічних процесів, що підлягають вимірюванню та контролю;
- розробку та реалізацію заходів щодо підготовки підрозділів підприємства до технологічної підготовки виробництва;
- отримання спеціальних засобів технологічного оснащення;
- проведення розрахунків щодо обґрунтування достатності існуючої або потрібної виробничої потужності для забезпечення стабільного виробництва;
- проведення перевірки, калі бровки або атестації засобів вимірювань та контролю, випробувального обладнання та розроблення методик вимірювань та контролю, що будуть застосовані під час виробництва та випробувань;
- організацію нових спеціалізованих дільниць чи цехів, за необхідності;
- підготовку та атестацію персоналу, який буде виконувати роботи на новому обладнанні чи за новими технологічними процесами.

Оцінку ефективності підготовки виробництва до виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту виконує приймальна комісія за результатами перевірки конструкторської, технологічної документації, технологічного оснащення, а також за результатами приймальних випробувань відремонтованого зразка продукції.

Оцінку якості відремонтованого зразка продукції можна проводити за:

- показниками якості, встановленими в нормативній документації;
- чинниками, що характеризують якість ремонту та визначають якість відремонтованої продукції;
- показниками дефектності відремонтованої продукції (рівень дефектності).

Примітка. Докладну інформацію щодо оцінки рівня дефектності наведено у [31].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таким чином, для отримання позитивних результатів атестації необхідно провести ретельну підготовку виробництва відповідно до ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 [30], з урахуванням вимог правил, інструкції інших нормативних документів ([19] - [25]) щодо виконання ремонту певних частин та вагонів в цілому, а також з урахуванням умов щодо проведення оцінки відповідності відповідно до ДСТУ-Н ПМГ 73:2014 [29].

Висновки

1 Забезпечення впевненості кінцевого споживача відремонтованої продукції можна досягти за рахунок проведення оцінки відповідності виробництва з технічного обслуговування та ремонту третьою незалежною стороною – атестації виробництва.

2 Технічні можливості виробництва оцінюються на підставі розробленої інструкції з атестації технічних можливостей з урахуванням кількісного показника – рівень дефектності.

3 Галузь застосування технічних можливостей підприємства, що атестується, засвідчується позитивними результатами випробувань або оцінки зразків готової або частково виготовленої продукції на відповідність вимогам програми випробувань (нормативної та технічної документації).

ЛІТЕРАТУРА

1 ДСТУ 3414-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Атестація виробництва. Порядок проведення [Не чинний від 2018-01-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2000. 24 с. (Національні стандарти України).

2 Закон України Про внесення змін до Закону України Про молоко та молочні продукти щодо безпечності та якості молочних продуктів (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 21, ст.221)

3 Наказ Державного комітету стандартизації, метрології та сертифікації від 29.02.96 N 85 Про затвердження Порядку проведення атестації виробництва спирту етилового, коньячного і плодового, алкогольних напоїв та тютюнових виробів

4 Наказ Державного департаменту ветеринарної медицини 10.03.2005 N 21 Про затвердження Порядку проведення атестації виробництва ветеринарних імунобіологічних препаратів (з0458-05)

5 ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 (ГОСТ 2.001-93, IDT) Єдина система конструкторської документації. Загальні положення [Чинний від 2007-01-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2007. 14 с. (Національні стандарти України).

6 ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 (ГОСТ 2.051-2006, IDT) Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення [Чинний від 2007-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2007. 17 с. (Національні стандарти України).

7 ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 (ГОСТ 2.104-2006, IDT) Єдина система конструкторської документації. Основні написи [Чинний від 2007-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2007. 23 с. (Національні стандарти України).

8 ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 (ГОСТ 2.307-2011, IDT) Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів [Чинний від 2014-09-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 41 с. (Національні стандарти України).

9 ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 (ГОСТ 2.308-2011, IDT) Єдина система конструкторської документації. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь [Чинний від 2014-09-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 30 с. (Національні стандарти України).

10 ДСТУ ГОСТ 2.511:2014 (ГОСТ 2.511-2011,) Єдина система конструкторської документації. Правила передавання електронних конструкторських документів. Загальні вимоги [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 13 с. (Національні стандарти України).

11 ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 (ГОСТ 2.601-2006, IDT) Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи [Чинний від 2007-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2007. 38 с. (Національні стандарти України).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

12 ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 (ГОСТ 2.604-2000,) Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2006. 18 с. (Національні стандарти України).

13 ДСТУ-Н 4486:2005 Система конструкторської документації. Настави щодо типової побудови технічних умов [Чинний від 2006-07-01]. Київ : Держспоживстандарт, 2006. 35 с. (Національні стандарти України).

14 ДСТУ ГОСТ 3.1001:2014 (ГОСТ 3.1001-2011, IDT) Єдина система технологічної документації. Загальні положення [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 14 с. (Національні стандарти України).

15 ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 (ГОСТ 3.1102-2011, IDT) Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 13 с. (Національні стандарти України).

16 ДСТУ ГОСТ 3.1103:2014 (ГОСТ 3.1103-2011, IDT) Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 27 с. (Національні стандарти України).

17 ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 (ГОСТ 3.1105-2011, IDT) Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 30 с. (Національні стандарти України).

18 ДСТУ ГОСТ 3.1116:2014 (ГОСТ 3.1116-2011, IDT) Єдина система технологічної документації. Нормоконтроль [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 13 с. (Національні стандарти України).

19 ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014 (ГОСТ 3.1127-93, IDT) Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 18 с. (Національні стандарти України).

20 ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014 (ГОСТ 3.1128-93, IDT) Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів [Чинний від 2014-11-01]. Київ : Мінекономрозвитку України. 2015. 35 с. (Національні стандарти України).

21 Закон України Про стандартизацію : прийнятий 5 черв. 2014 року № 1315-VII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058

22 СТП 10-004:2019 Якість і безпека продукції. Атестація виробництва. Порядок здійснення (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 26.02.2019 № 142)

23 СТП 04-010:2018 Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 № 519)

24 СТП 04-015:2018 Рухомий склад залізниць України. Автозчепний пристрій. Правила ремонту та обслуговування (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 07.08.2019 № 505)

25 СТП 04-016:2018 Вагони вантажні залізничного транспорту колії 1520 (1524)мм. Наставова з капітального ремонту. (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 24.04.2019 № 282)

26 СТП 04-018:2018 Комплект документів на технологічний процес вхідного контролю відповідальних деталей та вузлів вантажних вагонів. (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 09.08.2019 № 524)

27 СТП 04-019:2018 Вагони вантажні. Ремонт візків. Правила виконання. (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 № 520)

28 СТП 04-020:2018 Вагони вантажні та контейнери. Правила ремонту при зварюванні та наплавленні». (Наказ АТ «Укрзалізниця» від 13.06.2019 № 384)

29 ДСТУ-Н ПМГ 73:2014 (ПМГ 73-2004, IDT) Система сертифікації на залізничному транспорті. Порядок сертифікування вантажних та пасажирських вагонів після капітального ремонту з продовженням строку служби

30 ДСТУ ГОСТ 15.902:2017 (ГОСТ 15.902-2014, IDT) Система розроблення та постановлення продукції на виробництво. Залізничний рухомий склад. Порядок розроблення та постановлення на виробництво [Чинний від 2017-07-11]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 36 с. (Національні стандарти України)

31 Багров М.О. Оцінка технічних можливостей виробництва клем типу ПК роздільного рейкового скріплення залізничної колії. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад», 2021. Вип. 23, С. 74-82

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>

SYSTEM OF PRODUCT DEVELOPMENT AND LAUNCHING INTO MANUFACTURE. MAINTENANCE AND REPAIR OF EQUIPMENT. CERTIFICATION OF REPAIR PRODUCTION

It is well known that the product life cycle consists of such stages as design, production, operation, maintenance and repair, disposal. Along with such important stages as design and production, the stage of maintenance and repair is no less important. Ensuring the quality of this process is a significant factor in extending the life cycle of products while ensuring its appropriate condition to perform the intended functions. That is, the goal of the maintenance and repair stage is to maintain the technical functionality of the product by maintaining its qualitative and quantitative characteristics at an appropriate level and, in the end, saving money on the purchase of new equipment, which is also not the last important factor in the implementation of the production process.

To achieve this aim, the following factors are necessary: the availability of a repair facility with appropriate equipment, appropriate documentation for the performance of maintenance and repair work, qualified personnel to carry out certain types of work, and other resources to complete the assigned tasks.

At the same time, the recipient of maintenance and repair services or the consumer of the final result after the performance of maintenance and repair work must be sure of receiving quality services or high quality repaired products. In this case, it becomes logical to assess the conformity of maintenance and repair production by a third independent party (conformity assessment or certification bodies), that is, production attestation.

Key words: maintenance and repair, attestation of production, compliance with established requirements, scope of technical capabilities, routine check tests.

REFERENCES

- 1 Systema sertyfikatsii UkrSEPRO. Atestatsiya vyrobnytstva. Poryadok provedennya [Certification system for Ukrainian certification of products. Attestation of production, procedure for realization] DSTU 3414-96 not valid from the 1-st January 2000. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Ukrainian]
- 2 Zakon Ukrainy Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukrainy Pro moloko ta molochni produkty shchodo bezpechnosti ta yakosti molochnykh produktiv [Law of Ukraine On Amendments to the Law of Ukraine on milk and dairy products regarding the safety and quality of dairy products from April 15 2010, № 2132-VI]. (2010, April 15). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine, 2010, N 21, Art. 221* [in Ukrainian].
- 3 Nakaz Derzhavnogo komitetu standartyzatsii, metrolohii ta sertyfikatsii vid 29.02.96 N 85 Pro zatverdzhennya Poryadku provedennya atestatsii vyrobnytstva spyrtu etylovoho, konyachnoho i plodovoho, alkoholnykh napoiv ta tyutyunovykh vyrobiv [Order of the State Committee for Standardization, Metrology and Certification N 85 of February 29, 1996 On Approval of the procedure for attesting the production of ethyl, cognac and fruit spirits, alcoholic beverages and tobacco products] [in Ukrainian]

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

4 Nakaz Derzhavnoho depaetamentu veterynarnoi medytsyny 10.03.2005 N 21 Pro zatverdzhennya Poryadku provedennya atestatsii vyrobnytstva veterynarnykh imunobiolohichnykh preparativ (z0458-05) [Order of the State Department of Veterinary Medicine N 21 dated March 10, 2005 On approval of the procedure for certification of the production of veterinary immunobiological preparations (z0458-05)] [in Ukrainian]

5 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Zahalni polozhennya [Unified system for design documentation. General principles] *DSTU GOST 2.001:2006 (ГОСТ 2.001-93, IDT) from 01d January 2007*. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Russian]

6 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Elektronni dokumenty. Zahalni polozhennya [Unified system for design documentation. Digital documents. General principles] *ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 (GOST 2.051-2006, IDT) from 01d July 2007*. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Russian]

7 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Osnovni napysy [Unified system for design documentation. Basic inscriptions] *DSTU GOST 2.104:2006 (ГОСТ 2.104-2006, IDT) from 01d July 2007*. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Russian]

8 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Nanesennya rozmiriv i granychnykh vidkhylyv [Unified system of design documentation. Drawing of dimensions and limit deviations] *DSTU GOST 2.307:2013 (GOST 2.307-2011, IDT) from 01d September 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

9 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Zaxnaxennya dopuskiv formy ta rozmishchennya poverkhon [Unified system of design documentation. Representation of limits of forms and surface lay-out on drawings] *DSTU GOST 2.308:2013 (GOST 2.308-2011, IDT) from 01d September 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

10 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Pravyta perpedavannya elektronnykh konstruktors'kykh dokumentiv. Zahalni vymohy [Unified system of design documentation. Representation of limits of forms and surface lay-out on drawings] *DSTU GOST 2.511:2014 (GOST 2.511-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

11 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Ekspluatatsiini dokumenty [Unified system for design documentation. Exploitative documents] *DSTU GOST 2.601:2006 (GOST 2.601-2006, IDT) from 01d July 2007*. Kyiv: Derzhspozhivstandart of Ukraine [in Russian]

12 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Kreslenyky remontni. Zahalni vymohy [] *DSTU GOST 2.604:2005 (GOST 2.604-2000, IDT) from 01d July 2007*. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Russian]

13 Yedyna systema konstruktors'koi dokumentatsii. Nastanovy shchodo typovoi pobudovy tekhnichnykh umov [System for desing documentation. Guides for typical lay-out of specifications] *DSTU-N 4486:2005 from 01d July 2006*. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine [in Ukrainian]

14 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Zahalni polozhennya [Unified system of technological documentation. General principles] *DSTU GOST 3.1001:2014 (GOST 3.1001-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

15 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Stadii rozrobky ta vydy dokumentiv. Zahalni polozhennya [Unified system of technological documentation. Stages of designing and types of documents. General principles] *DSTU GOST 3.1102:2014 (GOST 3.1102-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

16 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Osnovni napysy. Zahalni polozhennya [Unified system of technological documentation. Basic inscriptions. General principles] *DSTU GOST 3.1103:2014 (GOST 3.1103-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

17 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Formy ta pravyla oformlennya dokumentiv zahalnoho pryznachennya [Unified system of technological documentation. Forms and rules of making general-purpose documents] *DSTU GOST 3.1105:2014 (GOST 3.1105-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

18 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Normokontrol [United system of technological documentation. Normocontrol] *DSTU GOST 3.1116:2014 (GOST 3.1116-2011, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

19 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Zahalni pravyla vykonannya tekstovykh tekhnolohichnykh dokumentiv [The unified system of technological documentation. General mlcs for drawing up of textual technological documents] *DSTU GOST 3.1127:2014 (ГОСТ 3.1127-93, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

20 Yedyna systema tekhnolohichnoi dokumentatsii. Zahalni pravyla vykonannya grafichnykh tekhnolohichnykh dokumentiv [The unified system of technological documentation. General rules for

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

drawing up of graphical technological documents] *DSTU GOST 3.1128:2014 (GOST 3.1128-93, IDT) from 01d November 2014*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Russian]

21 Zakon Ukrainy Pro Standartysiyu: pryiniaty 5 cherv. 2014 roku № 1315-VII [Law of Ukraine On standardization from Yune 5 2015, № 1315-VII]. (2014, Yune 5). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 2014, No. 31, Art.1058* [in Ukrainian].

22 Yakist i bezpeka produktsii. Atestatsiya vyrobnytstva. Poryadok zdiisnennya. STP 10-004:2019 [Product quality and safety. Certification of production. Implementation procedure] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated February 26, 2019 No. 142) [in Ukrainian]

23 Vahony vantazhni. Systema tekhnichnoho obsluhovuvannya ta remontu za tekhnichnym stanom. STP 04-010:2018 [Freight wagons. Maintenance and repair system according to technical condition] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated August 8, 2019 No. 519) [in Ukrainian]

24 Rukhomyi sklad zaliznyts Ukrainy. Avtozchepnyi prystrii. Pravyla remontu ta obsluhovuvannya STP 04-015:2018 [Rolling stock of railways of Ukraine. Auto-coupling device. Repair and maintenance rules] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated August 7, 2019 No. 505 [in Ukrainian]

25 Vahony vantazhni zaliznychnoho transportu kolii 1520 (1524) mm. Nastanova z kapitalnoho remontu. STP 04-016:2018 [Freight wagons of railway transport gauge 1520 (1524) mm. Instructions for major repairs] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated April 24, 2019 No. 282) [in Ukrainian]

26 Komplekt dokumentiv na tekhnolohichni protses vkhidnoho kontrolyu vidpovidalnykh detalei ta buzliv vantazhnykh vahoniv STP 04-018:2018 [Set of documents for the technological process of input control of responsible parts and assemblies of freight cars] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated August 9, 2019 No. 524) [in Ukrainian]

27 Vahony vantazhni. Remont vizkiv. Pravyla vykonannya STP 04-019:2018 [Freight wagons. Bogies repair. Implementation rules] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated August 8, 2019 No. 520) [in Ukrainian]

28 Vahony vantazhni ta konteinery. Pravyla remontu pry zvaryuvanni ta naplavlenni. STP 04-020:2018 [Freight wagons and containers. Rules of repair during welding and surfacing] (Order of JSC «Ukrzaliznytsia» dated 13.06.2019 No. 384 [in Ukrainian]

29 Systema sertyfikatsii na zaliznychnomu transporti. Poryadok sertyfikuvannya vantazhnykh ta pasazhyr'skykh vahoniv pislya kapitalnoho remontu z prodovzhennyam stroku sluzhby [The order of certification cargo and carriages after big repair with prolongation of a service] *ДСТУ-Н ПИМГ 73:2014 (ПМГ 73-2004, IDT) from the 1st of February 2015*. Kyiv: DP «UkrNDNTS» [in Russian]

30 Systema rozroblennia ta postanovlennia produktyi na vyrobnytstvo. Zaliznychnyi rukhomyi sklad. Poriadok rozroblennia ta postanovlennia na vyrobnytstvo [System of development and launching into manufacture. Railway rolling stock. Procedure of development and launching into manufacture] *DSTU GOST 15.902:2017 (GOST 15.902-2014, IDT) from 11-th of July 2017*. Kyiv: DP «UkrNDNTS» [in Russian].

31 Bahrov M.O. (2021). Otsinka tekhnichnykh mozhlyvostei vyrobnytstva klem typu PK rozdilnoho reikovooho skriplennya zaliznychnoi kolii [Assessment of technical possibilities for production of PK-type terminals for separate rail fastening of the railway track]. *Zbirnyk naukovykh prats «Reikovy rukhomyi sklad» - Collection of scientific works "Railbound Rolling Stock"*, 23, 74-82 [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 пт, після – 12 пт).

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 односортного 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 графи, 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

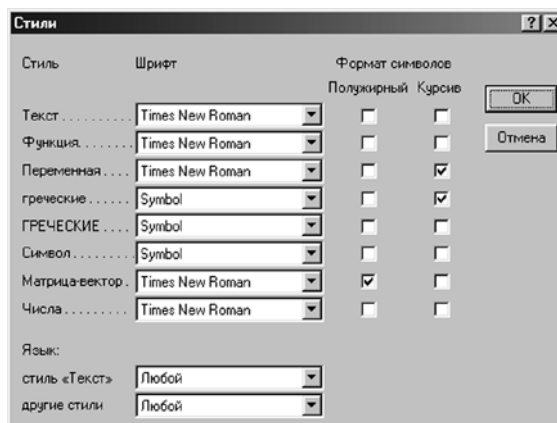
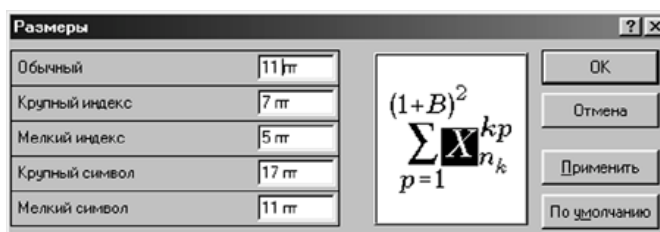
•Рівняння і формули треба виділяти з тексту вільними рядками. Вище і нижче кожної формули потрібно залишити не менше одного вільного рядка. Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (·) і ділення (:).

•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** розміщувати окремі об'єкти (ілюстрації, підрисуночні 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 посилянні 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 англomовна література з ретроспективною 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 англomовним, 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 англomовної 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 англomовні 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.

Tables expanded vertically (landscape orientation) are allowed in the article only in case of urgent need and in a limited number.

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.

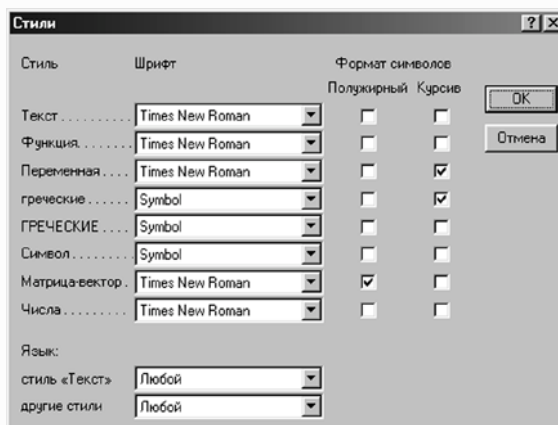
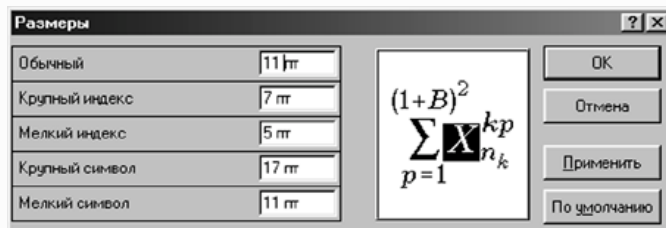
- Equations and formulae should be separated from the text by free lines. Above and below each formula at least one free line should be left. If the equation does not fit in one line, it should be moved after the equal sign (=) or after the signs plus (+), minus (-), multiplication (·) and division (:).

- 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.

Наукове та науково-виробниче видання

**Збірник наукових праць
«Рейковий рухомий склад»
«Railbound rolling stock»**

ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ВАГОНБУДУВАННЯ»

Випуск 25
(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: Брусило Д.О.

Підписано до друку 28.12.2022 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